SCIENCE DIMENSION

1975/3

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 7 No 3, 1975

Contents / Sommaire

4 The windows of research
Les "fenêtres" de la recherche 5

8 Microorganisms in foods
Les micro-organismes dans les aliments 9

14 Reaching for the sky
La technologie et les silos-tours 15

20 Visions of Arctic wheat
Du blé dans l'Arctique? 21

24 Making protein out of thin air
Des protéines avec du vent 25

28 Nature's cleanser
Purificateur naturel 29

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension, NRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser à la Rédactrice-en-chef, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Credits: page 3, Robert Lansdale, Etobicoke; page 7, Hans Blohm, Ottawa; pages 8, 9, 13, Mansell Acres, NRC; pages 14, 16, 17, Division of Building Research, NRC; page 18, Diane Bisson, NRC; page 19 (diagram), Miss C.W. Clyde, NRC; pages 20, 22, 23, Prairie Regional Laboratory, NRC.

Illustrations: page 3, Robert Lansdale, Etobicoke; page 7, Hans Blohm, Ottawa; pages 8, 9, 13, Mansell Acres, CNRC; pages 14, 16, 17, Division des recherches en bâtiment, CNRC; page 18, Diane Bisson, CNRC; page 19 (diagramme), Mlle C.W. Clyde, CNRC; pages 20, 22, 23, Laboratoire régional des Prairies, CNRC.

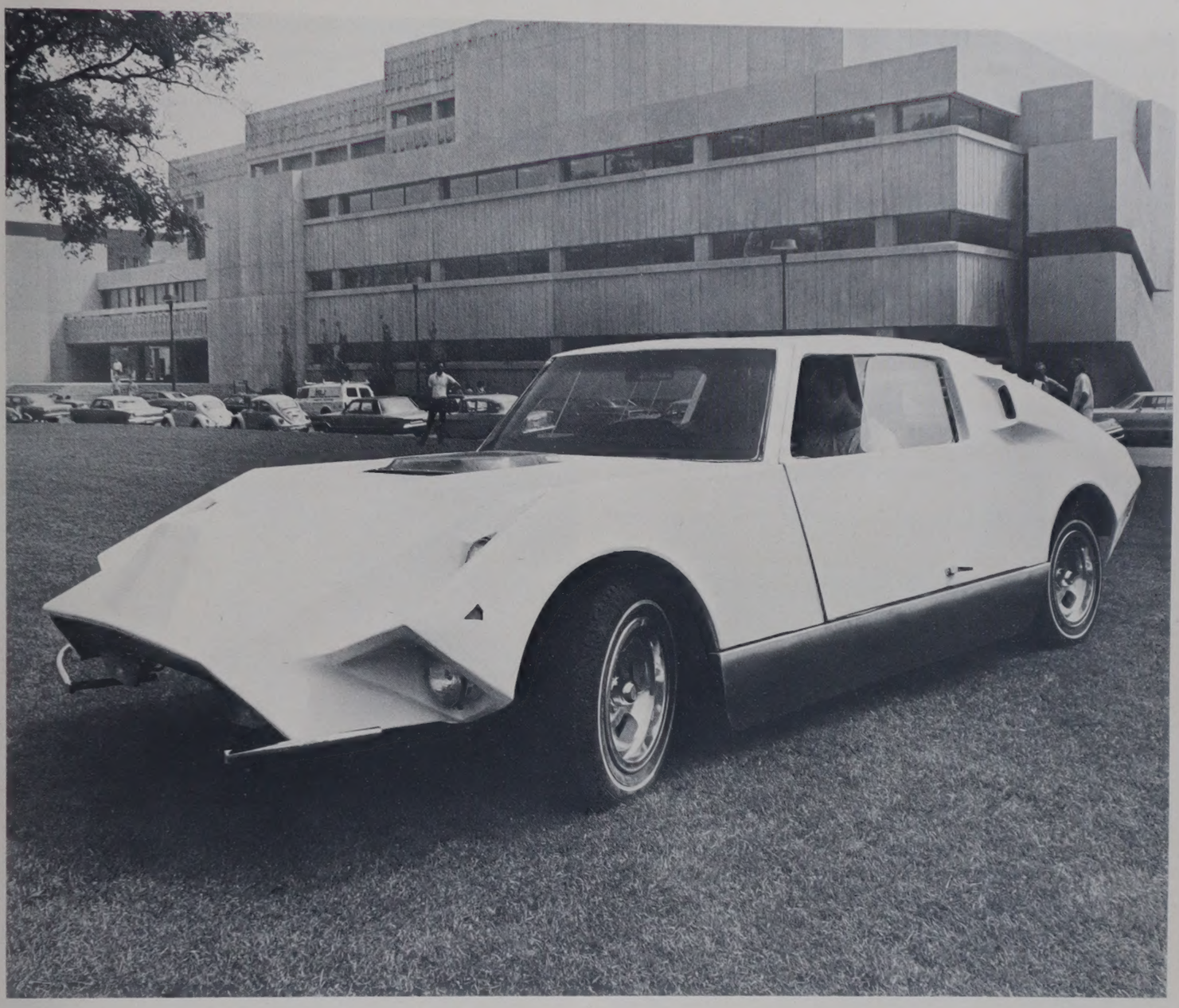
Managing Editor Loris Racine **Directeur**
Editor Joan Powers Rickerd **Rédactrice-en-chef**
Associate Editors Wayne Campbell, Dr. Wally Cherwinski **Rédacteurs-en-chef adjoints**
French Texts Georges Desternes, Claude Devismes **Textes français**
Graphics-Production Robert Rickerd **Arts graphiques-Production**
Photography Bruce Kane **Photographie**
Printed by Mortimer 31059-5-0001 **Imprimeur**

S/D 1975/3

Propane-electric hybrid – Miss Purity 1

Un véhicule hybride: Miss Purity 1

CFTRI LIBRARY
MYSORE-2A
- 3 OCT 1975



Miss Purity 1, co-winner in 1970 of a 3,600 mile (5 793 km) car race from Boston, Massachusetts, to Pasedena, California, was bought a year ago by the National Research Council of Canada from the University of Toronto. A propane-electric hybrid, the car is able to run on either electric power from 10 storage batteries or its propane gas engine or on various combinations of both. It is capable of attaining speeds of 100 miles (160 km) per hour and can travel about 210 miles (337 km) with its stored propane gas and nearly 10 miles (16 km) on electric power. While the University of Toronto has used the vehicle primarily for research on automotive pollution control, NRC's Engine Laboratory, Division of Mechanical Engineering, is concerned with fuel conservation. Tests conducted by the Laboratory last summer established general operating characteristics of the car as a direct current (DC) electric vehicle; currently, attention is being focussed on establishing performance characteristics of the electric drive components — the DC series motors, the electronic controller, and the lead-acid batteries. Results will be used as input data for a computer simulation of urban vehicles as part of a general study of energy-conservation approaches to automotive transportation.

Miss Purity 1, gagnante ex aequo en 1970 de la course Boston-Pasadena longue de 3 600 miles (5793 km), a été achetée l'an dernier à l'Université de Toronto par le Conseil national de recherches du Canada. Cette voiture marche au propane ou à l'électricité grâce à ses 10 batteries d'accumulateurs. Propane et électricité peuvent aussi être utilisés en même temps. Elle peut faire 100 miles à l'heure (160 km-h). Avec un plein de propane elle peut parcourir 210 miles (337 km) et près de 10 miles (16 km) avec ses accumulateurs. L'Université de Toronto l'a principalement utilisée pour des études visant à limiter la pollution. Le CNRC l'a achetée pour que le laboratoire des moteurs de la Division de génie mécanique étudie la conservation des combustibles. Les essais de l'été dernier ont permis de déterminer les caractéristiques générales d'utilisation comme véhicule à courant continu et l'on détermine actuellement les performances des composantes de la propulsion électrique: les moteurs à courant continu, le contrôleur électronique et les accumulateurs au plomb. Les données obtenues serviront à simuler sur ordinateur des véhicules urbains dans le cadre d'une étude générale sur la conservation de l'énergie dans les transports automobiles.

Precision optical components — The windows of research

Precision optical components, with a wide variety of research applications are provided for NRC by the Optical Components Laboratory of the Division of Physics. Its techniques, developed originally for working with glass, have proven versatile enough for use on other materials such as metals, ceramics or plastics. As a result, the Laboratory is now capable of finishing diverse custom-designed components to a precision otherwise unattainable.

"Physical phenomena consist always of the interaction of energy with matter. We see matter by light; we are aware of the presence of light by the interruption of matter. And that thought makes up the world of every great physicist, who finds that he cannot deepen his understanding of one without the other."

— Jacob Bronowski, from The Ascent of Man —

Consider the scientist's realm without the microscope lens, the telescope mirror, the spectrometer prism or, indeed, without the far-sighted researcher's spectacles. Each component is vital to his analysis of the physical world, and each, for its use, depends on the interaction of light with optical materials.

Interactions of light with optical materials (such as magnification, reflection, diffraction and focussing) are all well known, but to use them best, a scientist requires the highest quality optical components.

Such components, with a wide variety of research applications, are provided for the National Research Council of Canada and other laboratories by the Optical Components Laboratory of NRC's Division of Physics.

It is described by Mr. J. Norton Cairns, laboratory coordinator, as "a place where the difficult has become routine."

The Optical Components Laboratory began operation in 1940, concentrating initially on the manufacture of optical parts for military purposes. Over the years, its activities diversified as new demands arose for optical components in many areas of research.

Its early years involved much experimentation and the development of optical techniques. The techniques and materials employed by existing optical laboratories in other countries proved to be as valued and guarded as the recipes of a master chef. Thus, since these could not be copied or adapted, it became necessary to develop an entire new system of techniques and operations.

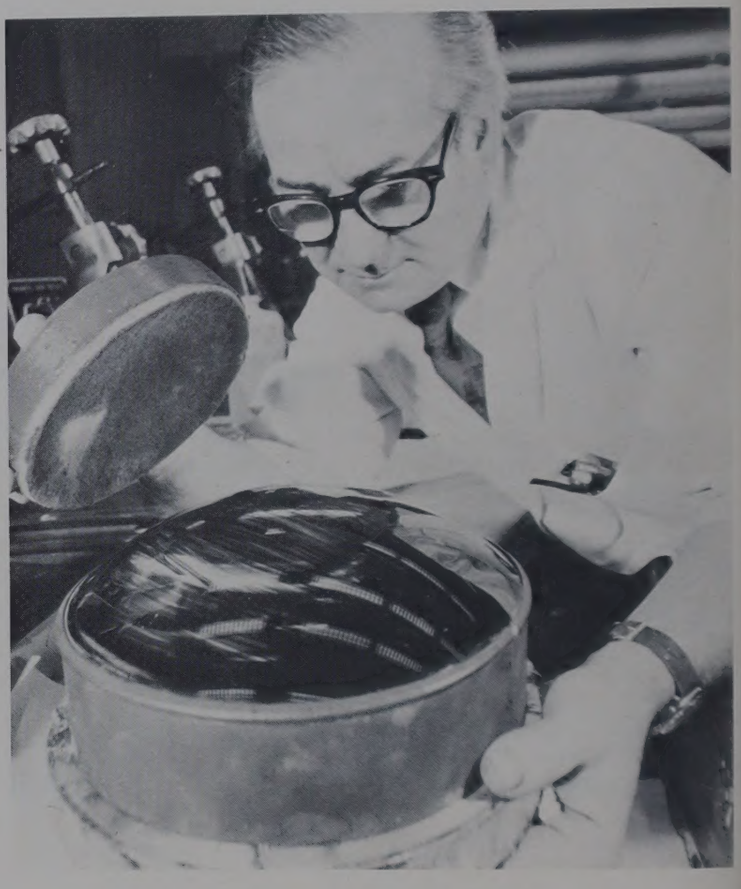
Fortunately, the new techniques for working with glass proved versatile enough to be used with other materials. This faculty has since emerged as a unique feature of the laboratory's operation.

For example, adaptations of glass polishing techniques are now applied to metals, ceramics, plastics and a variety of other materials. Using optical methods, the laboratory has fabricated diverse components of diamond, ruby and sapphire designed for use with lasers. Metal components range from polished clips for use in delicate surgical operations, to precision parts for nuclear reactors. In these cases, optical polishing produces near-perfect surfaces, unattainable otherwise.

Although much of its work is done for the Division of Physics, the laboratory has also produced numerous components for outside customers. In most cases, these components either could not be purchased commercially or needed a higher degree of precision than any available commercial product.

What skills does the optical technician need to transform raw materials into a crystal-clear, finely-polished lens?

The stages in the manufacture of any optical component are not unlike the steps artists take in producing their finest creations. Like sculptors, optical technicians must know their materials intimately. From a selection of glasses such as crown (boron containing), flint (high lead content) or fused quartz, they must chose the one with the appropriate physical properties. In their selection they must also bear in mind the purpose intended for the finished product. Will it be used to transmit light (for example a focussing lens) or will it act merely as a substrate for a mirror such as in a telescope?



Optical technician, Mr. Sy Bourgault inspects the polished surface of a large convex lens. The polishing material on the tool (top left) is critical and varies with the type of optical material as well as its hardness. For optimum polishing, each type of glass requires a tool surface of different hardness. In most cases, pine resin is chosen and either hardened or softened with castor oil. The same composition is unsuitable for polishing other optical materials such as salt crystals which are prone to scratch. For these, softer polishing materials such as paraffin are used.

M. Sy Bourgault, technicien de l'optique, examine la surface polie d'une lentille convexe de grande dimension. Le matériau de polissage sur l'outil (en haut à gauche) est critique et varie avec le type de matériau optique et aussi avec sa dureté. Pour avoir un polissage optimal, chaque type de verre exige une surface d'outil de dureté différente. Dans la plupart des cas la résine de pin est choisie et on lui donne ensuite la consistance recherchée en y ajoutant de l'huile de ricin. La même composition ne convient pas pour le polissage d'autres matériaux optiques comme les cristaux de sel qui ont tendance à se rayer. Pour eux, des matériaux plus doux de polissage tel que la paraffine sont utilisés.

Les composantes optiques de précision
Les "fenêtres" de la recherche

Les composantes optiques de précision et leurs nombreuses applications sont réalisées par le laboratoire des composantes optiques de la Division de physique du CNRC. Les techniques utilisées, mises au point à l'origine pour le travail du verre, sont également applicables à d'autres matériaux dont certains métaux, des céramiques et des plastiques. De ce fait, le laboratoire peut maintenant réaliser des composantes à la demande avec une précision impossible à atteindre autrement.

"Les phénomènes physiques consistent toujours en une interaction de l'énergie avec la matière. Nous voyons la matière grâce à la lumière; nous savons que la lumière est présente en raison de l'interruption de la matière. Et de le savoir est à la base du monde de chaque grand physicien qui trouve qu'il ne peut pas augmenter ses connaissances de l'une sans augmenter ses connaissances de l'autre".

Jacob Bronowski, extrait de "The Ascent of Man".

Que serait le domaine de la recherche sans les lentilles des microscopes, le miroir des télescopes, le prisme des spectromètres, ou même sans les lunettes du chercheur qui lui permettent de voir si loin! Chaque composante est vitale pour son analyse du monde physique et chacune, pour son utilisation, dépend de l'interaction de la lumière avec les matériaux de qualité optique.

Les interactions de la lumière avec ces matériaux, comme le grossissement, la réflexion, la diffraction et la focalisation sont bien connues, mais pour les utiliser au mieux, un scientifique a besoin de composantes optiques de la plus haute qualité.

Ces composantes aux très nombreuses applications dans le domaine de la recherche, sont fournies au CNRC et à d'autres laboratoires par le laboratoire des composantes optiques de la Division de physique du CNRC.

M. J. Norton Cairns, coordonnateur du laboratoire, décrit ce dernier comme étant "le lieu où les travaux difficiles sont le fait de tous les jours".

Le laboratoire des composantes optiques est né en 1940 et l'on a tout d'abord mis l'accent sur la fabrication de composantes optiques pour les forces armées. Avec les années, ses activités ont été diversifiées pour répondre à l'évolution des besoins en matière de composantes optiques dans de nombreux domaines de la recherche.

Les premières années ont surtout été consacrées à l'expérimentation et à la mise au point de techniques optiques. Les techniques et les matériaux employés par les laboratoires d'optique de cette époque dans d'autres pays se sont révélés aussi précieux et aussi jalousement gardés que les recettes d'un grand chef cuisinier. En conséquence, comme il était impossible de copier ou d'adapter ces dernières, il est devenu nécessaire de développer un système entièrement nouveau de techniques et d'opérations.

Heureusement, les techniques nouvelles de travail du verre sont apparues assez souples pour être appliquées à d'autres matériaux. Depuis lors, cette possibilité est apparue comme un point unique de l'opération du laboratoire.

Comme exemple, citons les adaptations des techniques de polissage du verre à des métaux, à des céramiques, à des plastiques et à divers autres matériaux. A l'aide de méthodes optiques, ce laboratoire a pu fabriquer diverses composantes faites de diamant, de rubis et de saphir qui ont été calculées pour être incorporées à des lasers. Les composantes métalliques vont d'agrafes polies servant en chirurgie délicate aux composantes de précision des réacteurs nucléaires. Dans ces cas-là, le polissage optique donne des surfaces presque parfaites que l'on ne pourrait obtenir d'une autre manière.

Quoiqu'il travaille surtout pour la Division de physique, le laboratoire a aussi réalisé de nombreuses composantes pour des clients à l'extérieur qui, dans la plupart des cas, n'auraient pas pu se les procurer sur le marché ou qui avaient besoin d'une précision plus grande que celle des produits commerciaux.

De quelles qualités doit faire preuve le technicien de l'optique pour transformer un matériau optique brut en une lentille claire comme un cristal et hautement polie?

Les différentes phases de la réalisation de toute composante optique ne sont pas très différentes de celles suivies par un artiste pour réaliser sa plus belle création. Comme le sculpteur, le technicien de l'optique doit connaître à fond les matériaux qu'il utilise. Il doit choisir parmi les différents verres contenant du bore, ou du plomb, ou du quartz fondu, celui qui a les propriétés physiques appropriées pour l'utilisation prévue. Est-ce que cette composante devrait être transparente pour laisser passer la lumière comme dans

Here, a three-inch (7.6 cm) diameter fused quartz optical flat (which serves as a standard flat surface) is compared to a larger master flat under a light source. Interference between the upper and lower surfaces and the narrow wedge of air between them gives rise to the observed pattern of lines or fringes.

Comparaison d'une plaque plane de verre au quartz fondu de qualité optique, de trois pouces (7,6 cm) de diamètre et qui sert d'étalon, avec une grande plaque de référence sous une source lumineuse. L'interférence entre les surfaces inférieure et supérieure et la mince couche d'air de profil en forme de coin donnent lieu à la production de franges d'interférence.

Then knowing the size of the component to be made, the optical technician will cut a workable portion from a larger block of the chosen material.

The approximate shape of the component is then generated with diamond tools on a machine resembling a drill press. For example, in the case of a concave lens a hollow is carved from the centre of the material, while for a convex lens the edges of the lens are pared down. At this stage, the "blank", or lens of approximate shape, is a translucent component with frosted surfaces.

Next, a grinding operation works the lens surface to a smoother texture.

The blank is first "waxed" onto a metal holder and the assembly is mounted in a grinding apparatus. A metal grinding tool of complementary shape to the lens surface is then chosen. For example, a concave lens of certain radius of curvature will require a convex tool of identical curvature.

An abrasive such as emery, which is fed periodically between the two surfaces, breaks down into progressively finer particles as the grinding proceeds and the lens surface becomes smoother.

During this stage, the lens blank is tested by mechanical means until it is found to have the correct radius of curvature. However, since there are limits to the accuracy of mechanical testing, the final criterion of lens quality is established during the polishing operation.

Although the mechanical principles of lens polishing are similar to grinding, the surface materials used on the polishing tools are quite different.

After grinding, the glass surface is composed of thousands of microscopic points. The heat of friction from polishing melts these tiny peaks, enabling the material to flow into the valleys between them and form a smooth, continuous surface. This smoothing action is possible since glass, unlike crystals, is in reality a supercooled fluid with a definite flow rate. At normal temperatures, glass remains rigid and solid. However, raising its surface temperature by polishing elevates the flow rate enough to fill the minute surface voids.

As in grinding, a metal tool complementary to the size and shape of the lens is chosen and a layer of the appropriate resin is applied to it. While still warm, the resin is molded to its proper surface shape by another iron tool which matches the lens contour. The polishing tool is then warmed with a heat lamp and revolved with the lens blank in position until the two surfaces are matched very closely.

At this point, polishing compound is inserted between the surfaces and the actual polishing operation begins.

"The tool's resin surface is dynamic and flows continually," explains Mr. Cairns. "It is almost alive. For that reason, highly accurate polishing is possible."

The object then becomes both to obtain the correct lens shape with the tool, and to polish the lens surface uniformly. The skilful optical technician must optimize both conditions at the same time to produce a correct and polished surface. In doing so, numerous variables must be juggled, such as the ambient room temperature, humidity, polishing material hardness, the nature of polishing compound, speed of rotation, stroke and pressure applied. And like an artful juggler, the optical technician may let none of the balls drop.

During this procedure, all components are tested for accuracy and quality by an optical method called interferometry which is considerably more accurate than the mechanical testing at the grinding stage. By this method, the shape of the new component is compared with a known standard surface through analysis of a pattern of interference fringes. By analyzing this fringe pattern, the optical technician can determine the quality of the final component.

The separation between fringes, expressed in wavelengths, is constant for a particular monochromatic source (which produces a single wavelength of light). Although they appear as straight lines, each individual fringe (when viewed closely) is irregular and represents a profile of the difference between the standard and the component being tested.

As the component is polished nearer completion, the fringes become broader and straighter, and the measured deviation grows smaller. The error in any surface, whether flat, concave or convex can be determined in the same manner, by comparing the amount of deviation from straightness in a single fringe with the spacing between adjacent fringes.

At this stage, the optical technician begins to work by hand, alternately gauging then changing the surface shape by polishing. After slow, cautious progress the desired surface is finally attained.

Once its quality is verified, the new component becomes ready for use; the optical technician's custom-made contribution to the world of research. □ **W.J. Cherwinski**

Here, the surface of a large optical flat (bottom) is ground by the small flat-faced tool riding over it. The glass blank (or unfinished optical component) revolves rapidly on a turntable while the tool oscillates back and forth over its surface. This continually varying motion assures uniform grinding. An abrasive material, such as emery, is brushed regularly onto the blank's surface during the course of this operation.

La face supérieure d'un grand disque de verre de qualité optique est meulée à l'aide d'un petit outil à tête plate. L'ébauche tourne rapidement sous l'outil dont le mouvement de va et vient permet d'obtenir un meulage uniforme. Une poudre abrasive, comme l'émeri, est déposée à intervalles réguliers sur la surface de la pièce pendant l'opération.

Les composantes optiques . . .

le cas des lentilles ou est-ce que ce verre agira surtout comme substrat d'un miroir comme c'est le cas dans les télescopes?

C'est alors que, connaissant les dimensions de la composante à réaliser, il découpera dans un bloc de verre choisi la pièce brute qu'il faudra usiner.

La forme approximative de la composante est alors donnée par des outils au diamant montés sur une machine ressemblant à une perceuse à coulissement vertical. Dans le cas de lentilles concaves, la partie centrale est évidée en partant du centre de la pièce alors que c'est le contraire dans le cas de lentilles convexes. Après cette coupe et ce meulage la pièce dans sa forme approximative ressemble à une composante translucide à surfaces dépolies.

On passe alors à la phase suivante du meulage qui donne une surface beaucoup moins rugueuse.

La pièce est tout d'abord montée sur un porte-pièce métallique et le tout sur une meule. Un outil métallique de meulage de forme complémentaire de la surface de la lentille est alors choisi. Ainsi, par exemple, une lentille concave d'un certain rayon de courbure exige que l'on utilise un outil convexe de courbure identique.

Comme abrasif on se sert de poudre émeri que l'on injecte périodiquement entre les deux surfaces; à mesure que la surface diminue de rugosité les particules d'émeri deviennent de plus en plus fines et le polissage augmente de qualité.

C'est alors que la pièce est vérifiée avec un outillage mécanique qui permet de voir si le rayon de courbure est correct. Toutefois, comme la précision de la vérification mécanique a des limites, le critère final de la qualité de la lentille est établie durant le polissage.

Quoique les principes de mécanique utilisés pour polir les lentilles sont semblables à ceux du meulage, les matériaux de surface utilisés sur les outils de polissage sont très différents.

Après le meulage, la surface du verre comporte des milliers de pointes microscopiques. La chaleur du frottement au cours du meulage et du polissage fait fondre ces petites pointes ce qui permet au verre de couler dans les vallées et de donner alors une surface lisse et continue. Cette action d'adoucissement de la surface est possible puisque le verre à l'inverse des cristaux est en réalité un fluide en surfusion ayant une vitesse d'écoulement bien définie. Aux températures normales, le verre demeure rigide et solide. Cependant, en raison de l'échauffement de la surface au cours du polissage la température est suffisante pour que le verre puisse couler en surface suffisamment bien pour combler les petits vides microscopiques de la surface.

Comme pour le meulage, un outil métallique complémentaire de la dimension et de la forme de la lentille est choisi et une couche de résine appropriée y est appliquée. Alors qu'elle est encore chaude, la résine est moulée dans sa forme de surface appropriée par un autre outil en fer qui va avec le contour de la lentille. L'outil de polissage est alors chauffé à l'aide d'une lampe thermique et on le fait tourner avec la pièce en position jusqu'à ce que les deux surfaces coincident très étroitement.

C'est alors que le composé de polissage est placé entre les surfaces et que le polissage lui-même commence.

M. Cairns nous a dit: "La surface de la résine de l'outil est dynamique et coule continuellement. C'est une matière presque vivante et pour cette raison le polissage de haute précision est possible".

C'est alors qu'il faut obtenir la forme correcte de la lentille avec l'outil et en polir la surface uniformément. Le technicien adroit doit optimiser les conditions lui permettant d'obtenir une surface de forme correcte et d'un excellent poli au même moment. En fait, il doit jongler avec de nombreuses variables comme la température ambiante, l'humidité, la dureté du matériau de polissage, la nature du composé de polissage, la vitesse de rotation, la vitesse de balayage du polissoir et la pression appliquée. Naturellement, comme tout bon jongleur, il ne doit laisser échapper aucune des balles.

Pendant le polissage, toutes les composantes sont vérifiées pour la qualité et la précision en se servant d'une méthode optique appelée interférométrie et qui est beaucoup plus précise que la vérification par des moyens mécaniques pendant le meulage.

Par cette méthode, la forme et la surface de la pièce sont comparées avec la surface étalon en analysant la configuration des franges d'interférence.

Cette analyse permet au technicien de déterminer la qualité de la surface de la pièce en fin de polissage.

La séparation entre les franges, exprimée en longueurs d'ondes, est constante pour une source monochromatique particulière, c'est-à-dire de longueur d'onde unique. Quoique les franges apparaissent sous forme de lignes droites, chacune d'elles lorsqu'on l'observe de près est irrégulière et représente un profil des différences entre l'étalon et la pièce que l'on vérifie.

A mesure que la pièce approche de la fin du polissage, les franges deviennent plus larges et plus droites, et les déviations que l'on mesure sont plus petites. On peut déterminer de la même manière toutes les erreurs de la surface d'une pièce qu'elle soit plate, concave ou convexe; il suffit de mesurer les différences entre la ligne droite et les lignes observées d'une frange unique et de les comparer avec l'espacement des franges adjacentes.

La fin du polissage se fait à la main, c'est-à-dire que le technicien change légèrement la forme de la surface, qu'il vérifie les résultats et continue ainsi jusqu'à ce que la forme recherchée soit obtenue. C'est un travail minutieux et lent mais qui donne une surface parfaite.

On procède alors à la dernière vérification, et si l'interférométrie montre que la pièce est terminée, celle-ci est prête à être utilisée. Nous venons de voir comment les techniciens de l'optique apportent une contribution personnalisée à la recherche scientifique. □

Commission's work breaks new ground —
Microorganisms in foods

How can we be assured of good quality food? New book provides organized basis for establishing consumer's and producer's risks from microbial contamination in foods.

The next time you go to the supermarket, notice the miles some foods have travelled to reach your table: grapefruit and oranges from Florida, pineapples from Hawaii, bananas from Central America, cheese from Switzerland and France, figs from Israel, dates from Egypt. Canned foods and fresh and frozen vegetables also are becoming popular commodities in international trade, but there have been numerous reports of disease resulting from the consumption of, for example, uncooked fresh vegetables. All of these disease outbreaks — botulism, salmonellosis, dysentery, cholera, infectious hepatitis, staphylococcal poisoning — are related to contamination or growth by the microbial agent in the food as a result of undesirable practices during production, processing, packaging, storage, transportation, marketing, or preparation in the kitchen.

Years ago, small food processing plants located in towns distributed products over local areas, but today the production of foodstuffs has become centalized in large enterprises. When food contaminated with a pathogen is inadvertently released to the public, large numbers of people can suffer from food poisoning. One example occurred last February when an airport lounge in Europe was turned into a first-aid station for 140 disembarking passengers who had become ill after having eaten a ham omelette. Authorities found that the poisoning was caused by large numbers of the bacteria *Staphylococcus aureus* in the omelette served just prior to landing. The cost to a company of tracking down and reclaiming contaminated food can run into millions of dollars, to say nothing of the adverse publicity.

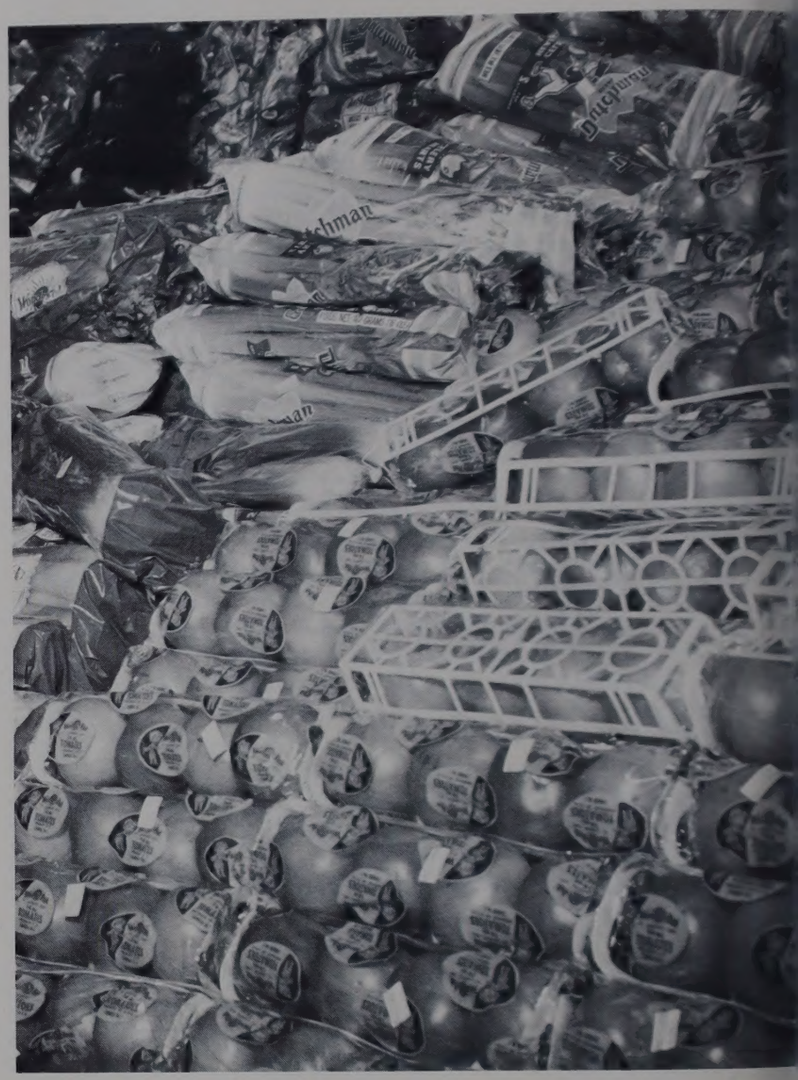
How then can we be assured of good quality food?

Fifty-two scientists from 24 countries including Canada, the United States, Russia, many European and South American countries, and Australia, have spent five years of study and discussion culminating in the publication of "Microorganisms in Foods — Sampling for Microbiological Analysis, Principles and Specific Applications", published last November by the University of Toronto Press, Toronto, Canada. The book, first of its kind in the world, represents part of the work done by the International Commission on Microbiological Specifications for Foods, a standing commission of the International Association of Microbiological Societies (a branch of the World Health Organization).

The Secretary-Treasurer of the Commission, and an editor of the book, Dr. D.S. Clark of the Food Technology Section of the National Research Council of Canada's Division of Biological Sciences, says "our long-range program is built around a study of the public health aspects of food, the main objective being to develop microbiological standards or specifications, particularly for those foods moving in international commerce."

The Commission was formed in 1962. Membership consists of food microbiologists whose combined professional interests include research, public health, official food control, education, and industrial research and development. All are scientists who serve on a voluntary basis, and they are drawn from government laboratories in health, agriculture and food technology, from universities and from the food industry. Dr. Clark, Dr. F.S. Thatcher, Health Protection Branch, Health and Welfare Canada, and Chairman of the Commission until 1973, and Dr. C.E. Dolman of the University of British Columbia, were charter members from Canada.

In addition to WHO and the International Union of Biological Sciences, some of the contributors to the sustaining fund of the Commission include such companies



Fresh vegetables and fruit are popular foods in international trade.

Les légumes et les fruits frais sont des produits alimentaires de grande consommation dans le monde entier.

as Atlantic Sugar Ltd.; Burns Foods Ltd.; Cadbury Schweppes Powell Ltd.; Campbell Soup Co. Ltd.; Canada Packers Ltd.; Christie, Brown and Co. Ltd.; Findus Ltd.; Gerber Products Co.; General Foods Ltd.; Horne and Pitfield Foods Ltd.; ITT Continental Baking Co.; John Labatt Ltd.; Kellogg/Salada Co. Ltd.; The Pillsbury Co.; Maple Leaf Mills Ltd.; The Quaker Oats Co.; Swift Canadian Co. Ltd.; and The Borden Co. Ltd.

"We have taken the principles which are explained in the first part of the book," says Dr. Clark, "and applied them in the second part to describe sampling plans for about 70 different food commodities, grouped into eight categories, namely fish and fishery products, vegetables, dried foods, frozen foods, milk and milk products, raw meats, processed meats and canned foods. The technician or microbiologist in the laboratory need only look up the food in question and follow directions."

The book tells how many samples should be taken and what microbiological tests should be conducted on those samples. The results will determine whether a food should be accepted or rejected.

La commission ouvre de nouveaux horizons

Les micro-organismes dans les aliments

Comment peut-on s'assurer que nos aliments ne sont pas contaminés? Un nouvel ouvrage permet d'évaluer les risques de contamination microbienne.

La prochaine fois que vous irez au supermarché, vous pourrez remarquer que certains aliments ont beaucoup voyagé avant d'arriver sur les rayonnages où vous les prenez: oranges et pamplemousses de Floride, ananas d'Hawaii, bananes d'Amérique centrale, fromages de France et de Suisse, figues d'Israel, dattes d'Égypte, etc. Les aliments en conserve et les légumes frais ou congelés font de plus en plus l'objet d'un commerce international mais on rapporte également que de nombreuses maladies se sont propagées du fait, par exemple, de la consommation de légumes frais crus. Toutes ces maladies, comme le botulisme, la salmonellose, la dysenterie, le choléra, l'hépatite infectieuse, l'intoxication par le staphylocoque, ont leur origine dans la contamination des aliments par des agents microbiens, cette contamination étant causée par des habitudes regrettables durant la production, le traitement, l'emballage, le stockage, le transport, la mise sur le marché ou même à la cuisine durant la préparation des repas.

Il y a des années, les usines de traitement des produits alimentaires étaient petites et leur clientèle ne s'étendait guère au-delà de la ville où elles se trouvaient. Aujourd'hui, c'est le contraire et la production est hautement centralisée dans quelques grandes entreprises de sorte qu'il arrive qu'un microbe pathogène se trouve dans les aliments mis en vente et que bien des gens soient intoxiqués. On peut citer, par exemple, le cas des 140 passagers qui venaient de manger une omelette au jambon avant d'atterrir sur un aéroport européen dont le restaurant a dû être transformé d'urgence en infirmerie. Les services de santé ont trouvé que cette intoxication avait été causée par un grand nombre de bactéries appelées *Staphylocoques aureus*, ou "dorés", se trouvant dans l'omelette. A part la mauvaise publicité, une telle affaire peut coûter à la compagnie des millions de dollars car il faut qu'elle détermine la cause de la contamination et jette les aliments contaminés.

Comment peut-on être sûr que les aliments que nous achetons sont bons?

Cinquante-deux scientifiques de 24 pays, dont le Canada, les États-Unis, la Russie, de nombreux pays d'Europe et d'Amérique du Sud et l'Australie, ont passé cinq années sur une étude qui a conduit en novembre dernier à la publication d'un ouvrage, par les Presses de l'Université de Toronto, intitulé "Microorganisms in Food — Sampling for Microbiological Analysis, Principles and Specific Applications". Cet ouvrage, le premier de ce genre au monde, représente une partie des travaux de la Commission internationale pour la définition des caractéristiques microbiologiques des aliments; cette commission est permanente et elle existe dans le cadre de l'Association internationale des sociétés de microbiologie qui fait elle-même partie de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Le secrétaire-trésorier de la commission, également rédacteur de l'ouvrage, le Dr D.S. Clark, de la section de la technologie alimentaire de la Division des sciences biologiques du Conseil national de recherches du Canada, nous a dit: "Notre programme à long terme est basé sur une étude des aspects des aliments en fonction de la santé publique et notre objectif principal est de mettre au point des normes microbiologiques pour ces aliments, particulièrement pour ceux qui font l'objet d'un commerce international."

La commission, créée en 1962, est composée de microbiologistes spécialisés dans les questions d'alimentation, qui s'intéressent à la recherche, à la santé publique, au contrôle officiel des produits alimentaires, à l'éducation, et à la recherche et au développement industriels. Tous sont des volontaires qui travaillent dans les laboratoires du gouvernement dont ceux des services de santé, de l'agriculture et de la technologie alimentaire; d'autres travaillent dans des universités ou dans l'industrie des produits alimentaires. Le Dr Clark, le Dr F.S. Thatcher, — ce dernier de la Direction de la protection de la santé et président de la commission jusqu'en 1973, — et le Dr C.E. Dolman, de l'Université de Colombie britannique, sont les représentants officiels du Canada.

En dehors de l'Organisation Mondiale de la Santé et de l'Union internationale des sciences biologiques, des compagnies bien connues contribuent également à financer la commission. On peut citer: Atlantic Sugar Ltd., Burns Foods Ltd., Cadbury Schweppes Powell Ltd., Campbell Soup Co. Ltd., Canada Packers Ltd., Christie, Brown and Co. Ltd., Findus Ltd., Gerber Products Co., General Foods Ltd., Horne and Pitfield Foods Ltd., ITT Continental Baking Co., John Labatt Ltd., Kellogg/Salada Co. Ltd., The Pillsbury Co., Maple Leaf Mills Ltd., The Quaker Oats Co., Swift Canadian Co. Ltd. et la Borden Co. Ltd.

Le Dr Clark nous a aussi dit: "Nous avons adopté les principes qui sont exprimés dans la première partie de l'ouvrage et nous les avons appliqués dans la deuxième partie pour décrire des plans d'échantillonnage s'appliquant à 70 produits alimentaires environ groupés en huit catégories,

Like millions of people, Mrs. Francine Asselin, NRC, enjoys hamburger — one of the safest foods on the market. In recent years, there has not been a single recorded case of food poisoning from consumption of raw or freshly-cooked hamburger in Canada or the United States.

Comme des millions de gens, Mme Francine Asselin, du CNRC, aime le hachis, ou "hamburger", un des aliments les plus sûrs puisque, au cours des dernières années, on n'a relevé au Canada et aux États-Unis aucun cas d'intoxication causé par du hachis cru ou cuit depuis peu de temps.

"What we have done," continues Dr. Clark, "is to provide an organized basis which did not exist previously for establishing the consumer's and producer's risks from microbial contamination in foods. Prior to this each country, each company, had its own ideas about sampling and seldom were the risk probabilities determined or adequately understood.

"Canada has one of the finest food safety records in the world and," says Dr. Clark, "I know of no other country that has a finer system of food control. Every chicken we eat has been individually inspected."

The Health Protection Branch has the overriding responsibility for the safety of all foods imported into Canada, under the authority of the Food and Drugs Act. However, two other federal departments share in the surveillance of imported products: Agriculture Canada for fruit, vegetables, meats and some dairy products, and the Fisheries and Marine Service of Environment Canada for fish and fish products.

Shipments from foreign companies with an already established reputation for producing good quality food are monitored as frequently as is considered necessary to assure that the quality is being maintained. Imports from a new company or from areas where certain diseases are endemic are tested more frequently until a quality history is established. All lots of shipments of a food suspected of being involved in food poisoning outbreaks are tested. Any shipment failing to meet Canada's standards is refused entry into the country.

"However, people should not think that because there are high counts of microorganisms in some foods, that these are necessarily dangerous to health," points out Dr. Clark. "Raw meat is a good example of a food which normally contains a fairly high total count and the kinds of bacteria which indicate fecal contamination or which could, if allowed to increase to great numbers, cause poisoning."

Despite modern dehiding and processing methods, it is almost impossible to produce a carcass of beef which does not contain some coliforms or staphylococci which are present on the animal prior to slaughter via feces and dirt associated with the hide and hair.

"In spite of this problem," says Dr. Clark, "we have less concern about raw meats than we do about most other foods. Hamburger, for instance, is one of the safest foods on the market because it always contains a predominance of harmless bacteria which at lower temperatures, grow faster than pathogens and thus place the harmful types at a competitive disadvantage. Also, it is going to be cooked. In recent years, there has not been a single recorded case of food poisoning from consumption of raw or freshly-cooked hamburger in Canada or the United States. If refrigerated hamburger is not cooked as soon as it should be after purchase, it will spoil in a few days (it develops an off-odor) because many of the harmless organisms can grow well at refrigeration temperatures. Spoiled hamburger would normally be discarded but even if it were cooked and eaten it would not be harmful. Like most yeasts, these bacteria can be consumed by the billions and are in themselves food. The

c'est-à-dire le poisson et les produits des pêcheries, les légumes, les aliments secs, les aliments congelés, le lait et les produits laitiers, les viandes crues, les viandes traitées et les conserves. Le technicien ou le microbiologiste travaillant dans un laboratoire n'a plus qu'à suivre les directives concernant le groupe en question et il les trouvera dans le livre."

Dans cet ouvrage il trouvera également comment faire ses échantillonnages et conduire ses essais. Les résultats lui permettront de déterminer si l'aliment testé doit être accepté ou rejeté.

Et le Dr Clark de continuer: "Ce que nous avons fait, c'est d'établir la base organisée qui n'existait pas précédemment pour déterminer quels sont les risques du producteur et du consommateur de découvrir que des aliments sont contaminés par des microbes. Jusqu'alors chaque compagnie, chaque pays, avait ses propres idées sur l'échantillonnage et il était rare que les probabilités de contamination soient déterminées ou même adéquatement comprises."

"Au Canada, nous avons l'une des meilleures réputations dans le monde du point de vue de la sécurité des produits alimentaires. Je ne connais pas d'autre pays qui ait un meilleur système de contrôle alimentaire. Chaque poulet que nous mangeons a été inspecté individuellement."

La Direction de la protection de la santé au Ministère de la santé et du bien-être social a la responsabilité finale en matière de sécurité des produits alimentaires importés au Canada et elle agit dans le cadre de la Loi des aliments et drogues. Toutefois, deux autres ministères fédéraux participent à la surveillance des produits importés; il s'agit d'Agriculture Canada pour les fruits, les légumes, les viandes et quelques produits laitiers et, à Environnement Canada, du Service des pêches et de la mer en ce qui concerne les poissons et les produits des pêcheries.

Dans le cas de compagnies étrangères déjà bien connues pour la bonne qualité de leurs produits la surveillance est aussi fréquente que possible pour s'assurer que la qualité ne baisse pas. Par contre, on fait des tests plus fréquents lorsqu'il s'agit d'une nouvelle compagnie ou de produits venant de régions où certaines maladies sont endémiques et l'on continue ainsi jusqu'à ce que ces produits acquièrent une bonne réputation. Si l'on pense que certains produits ont été impliqués dans des intoxications alimentaires, on procède alors à des tests sur tous les lots livrés et le tout est renvoyé si ces produits ne satisfont pas aux normes canadiennes.

Le Dr Clark nous encore dit: "Cependant, les gens ont tort de croire que si le nombre de micro-organismes est élevé les aliments sont inévitablement dangereux pour la santé; ainsi la viande crue, par exemple, contient normalement un assez grand nombre de bactéries d'origine fécale qui pourraient causer une intoxication si leur nombre augmentait dans de grandes proportions."

Malgré les méthodes modernes de traitement et de dépistage, il est presque impossible de produire de la viande de boeuf qui ne contienne pas quelques staphylocoques ou de colibacilles, par exemple, car ces micro-organismes existent sur l'animal avant l'abattage du fait des matières fécales et de la saleté liées à la peau et aux poils.

Le Dr Clark nous a encore dit: "Malgré cela, nous nous soucions beaucoup moins de viandes crues que des autres sortes d'aliments. Ainsi, le hachis, ou "hamburger", est l'une des nourritures les plus sûres que l'on puisse trouver sur le marché car il contient toujours des bactéries inoffensives qui se multiplient plus vite que celles qui sont pathogènes, en nombre moindre d'ailleurs, aux basses températures ce qui place ces dernières sur la voie de la destruction d'autant plus que ces hachis vont être cuits. Ces dernières années, on n'a enregistré ni au Canada ni aux États-Unis de cas d'intoxication alimentaire due à la consommation de hachis cru ou cuit depuis peu de temps. Si un hachis réfrigéré n'est pas cuit aussitôt qu'il le faudrait après l'achat, il sera gâté en quelques jours et il donnera une odeur désagréable en raison de nombreux organismes sans danger, qui se seront toutefois multipliés aux basses températures. Normalement, ce hachis sera jeté mais il est possible de le consommer sans risque s'il est cuit. On peut en effet absorber des milliards de ces bactéries qui, en elles-mêmes, ont une valeur nutritive. Le seul danger que je vois dans le hachis réfrigéré se trouve dans le fait qu'il pourrait, à la suite d'un manque de précautions de la cuisinière, contaminer d'autres aliments comme les meringues où des *Staphylocoques aureus* et des *Salmonella* pourraient se développer."

L'un des points les plus importants du nouveau livre de la commission se trouve dans l'introduction des plans d'échantillonnage à trois classes car, jusqu'alors, on n'en avait utilisé que deux, c'est-à-dire la classe des aliments acceptés et celle de ceux qui étaient rejetés en raison du trop grand nombre de micro-organismes qu'ils contenaient.

Le Dr Clark nous a expliqué: "Ce dont ce système ne tenait pas compte, c'est de la variation inhérente des résultats des essais microbiens et des gammes de répartition normale des cellules dans les lots et d'un lot à l'autre. Deux personnes peuvent analyser un échantillon du même aliment et obtenir des réponses chiffrées variant dans une proportion de un à dix. Personne ne peut expliquer ces variations importantes mais elles existent. Pour cette raison, le système d'échantillonnage à deux classes n'est pas le meilleur car il ne tient pas compte des micro-organismes qui peuvent être tolérés jusqu'à un certain point."

Des aliments qui satisfont aux normes de la première classe du système à trois classes sont de grande qualité et sont acceptés sans réserve. La classe suivante est constituée d'aliments qui sont moins bons et inférieurs à ce qu'une bonne technique de fabrication pourrait donner. Toutefois, un certain pourcentage des échantillons examinés est mis dans cette classe si le risque n'est pas élevé.

Le Dr Clark nous a encore dit: "C'est la souplesse dont nous parlons qui permet d'accepter ces variations inexpliquées et de fournir aux inspecteurs du service de santé l'occasion d'avertir le fabricant qu'il y a chez lui une baisse de qualité sans toutefois que l'on ait à rejeter d'emblée son produit."

Tout échantillon qui ne satisfait pas aux conditions d'entrée dans la seconde classe tombe automatiquement dans la troisième ce qui signifie le rejet du lot entier.

Le Dr Clark nous a encore dit: "Nous avons utilisé une plage aussi grande que possible entre la première et la troisième classe pour permettre ces variations dans les résultats des essais et les gammes de répartition normale mais, en même temps, nos gammes ne sont pas suffisamment grandes pour qu'on puisse s'inquiéter des risques. Ainsi, nous avons fait disparaître un préjugé majeur contre l'utilisation de critères microbiologiques dans un but de réglementation."

Depuis la publication du livre, certains gouvernements et organismes de contrôle ont déjà commencé à se servir du plan à trois classes. La Direction de la protection de la santé au Canada, par exemple, adopte le plan pour des catégories d'organismes où un certain nombre de cellules peuvent être tolérées en toute sécurité. En dehors de son utilité pour les organismes officiels et les services de contrôle de la qualité dans l'industrie, le livre constitue une référence excellente et un manuel d'instruction.

Et le Dr Clark a ajouté: "Nulle part ailleurs peut-on trouver de descriptions essentielles de chaque aspect de

only danger I see from refrigerated hamburger is that it could conceivably, due to bad kitchen practices, contaminate other foods, such as meringue pies which would selectively permit pathogens like *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* to grow."

One of the major features of the Commission's new book is the introduction of the three-class sampling plan. Previously, all sampling was based on a two-class system: food was accepted if the microbial counts were not too high and rejected if they reached certain limits.

"What this fails to do," explains Dr. Clark, "is to take into account the inherent variability in microbiological testing and the normal distribution ranges of cells within and between lots. Two people can run an analysis on the same food sample and obtain answers that vary tenfold. No one can precisely explain these variabilities in counts, but they are there. Because of this, the two-class sampling system is unfair for those categories of organisms which can be tolerated to a certain extent — it doesn't provide leniency to allow for normal variability."

A food meeting the standards of the first class of the three-class sampling plan is of high quality and is accepted without reservation. The next class is below that standard, and below what good manufacturing practice is capable of producing. Nonetheless, a certain percentage of the samples examined are permitted to fall into this class, depending on the degree of hazard involved.

"This is the leniency we are speaking of," says Dr. Clark, "it allows for unexplained variability and provides the food inspector with the opportunity to warn the manufacturer about slippage in quality without first having to reject some food."

Any sample exceeding the limit of the second class falls into the third class and calls for the rejection of the entire lot.

"We have made the spread between the first standard and the third wide enough to allow for testing variability and normal distribution ranges, but at the same time not so wide as to raise concern about hazards," says Dr. Clark. "Thus we have removed a major prejudice against the use of microbiological criteria for regulatory purposes."

Since publication of the book, some governments and control agencies have already begun to introduce the three-class plan. The Health Protection Branch in Canada, for example, is adopting the plan for categories of organisms where certain numbers of cells can be safely tolerated. Besides its usefulness to official control agencies and quality control departments in industry, the book also is an excellent reference and teaching manual.

"Nowhere are the fundamentals of every aspect of food sampling and acceptance probability more clearly defined and explained," says Dr. Clark. "The textbook has a place in every food microbiology laboratory and in the personal libraries of students and professionals in the field."

Another innovation which has been picked up by dozens of food companies and health protection agencies throughout the world, and which is saving thousands of dollars, is the pooling of test samples for the analysis of *Salmonella*.

Explains Dr. Clark, "we have found that we can take, for example, ten 25 g sample units at random and pool them into one, that is, put 250 g into one mixture and the probability of finding *Salmonella* is equal to running each sample individually. We have proved this to be the case for both dried foods and foods with a high moisture content."

Without this finding, which is described in two scientific papers as well as in the book, companies and control agencies would still be using the old method of testing samples individually which is both time-consuming and expensive. Reports are now being received from food companies stating that in the absence of this procedure they would not be able to conduct a *Salmonella* surveillance program, at least not to the extent that is now economically feasible.

The Commission's methods-testing program involves comparative and collaborative studies on various microbiological methods to determine for each category which of the commonly-used methods in the world, if any, is the best. Twenty laboratories from 13 countries are participating.

"This work is essential," says Dr. Clark, "because an international microbiological standard is not possible without a standard method of analysis. The only way to accurately assess which method is the best is by comparative analysis on an international scale."

Commission members and consultants serve not as national delegates from a particular country, but as independent microbiological specialists. In this way, they believe, faster progress is made in the provision and collection of information because the results do not have to be returned to various levels of authority for approval. However, the Commission has no legal power; that is, it cannot impose any methods or standards.

"We look at the situation," says Dr. Clark, "study the literature, draw on the wealth of experience represented by the Commission members and consultants, and say this is the way it is or should be, and we publish it. The information is there for anyone to use.

"Our work on the Commission has broken new ground, first on methodology and second, on sampling. We are now revising the first book we published, 'Microorganisms in Foods — Their Significance and Methods of Enumeration', to take into account new areas such as viruses, protozoa and parasites in foods, which we did not deal with in the first edition. Although Canada is not concerned about some of these new aspects, other countries are. Next year, we will begin to write another book on food spoilage microbiology, complete with methodology. Then it will be time to revise the present book 'Microorganisms in Foods — Sampling for Microbiological Analysis, Principles and Specific Applications'."

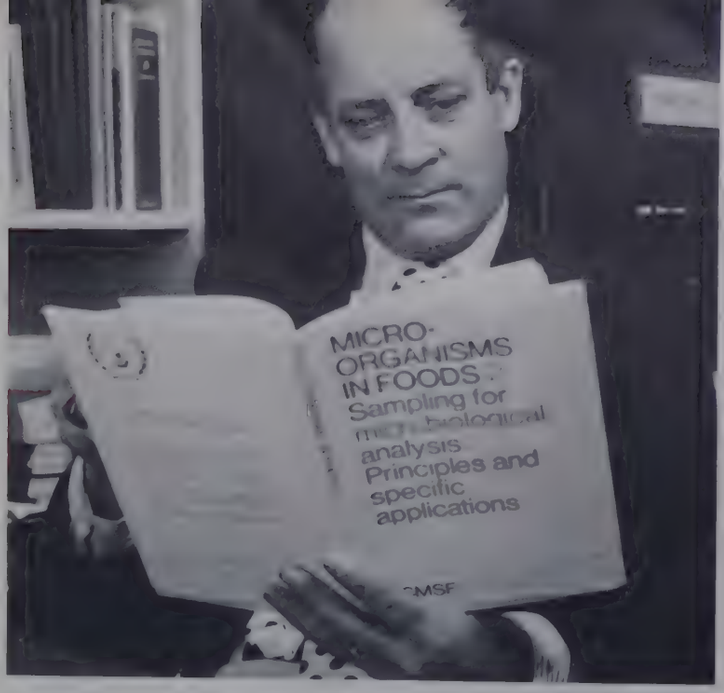
How can the consumer be absolutely sure there is no risk inherent in food consumed each day?

"The only way you can be certain that a food is free of a microbiological risk is to test it all," says Dr. Clark, "in which case there would be nothing left to eat. It is always a question of probability — so many samples are taken and analyzed and if they pass, then the probability, within certain limits is that the food is safe. If a higher probability is desired, more samples must be taken, but it is impractical to obtain a very high probability, especially for routine inspection.

"In Canada we have a good system of safety control," concludes Dr. Clark, "but it is not perfect, naturally, because of the colossal cost of testing every lot of food distributed in the country and of assuring that the food everywhere is properly handled after production. We are helped to a considerable extent by responsible manufacturers who have microbiologists on staff and have their own internal microbiological standards. But despite this and governmental inspection, food poisoning occasionally occurs. The day will never come when we can relax our vigilance with regard to the microbiological aspects of foods. We have to continually improve on already established standards as new technology develops."

As for world standards, the Commission is working toward that end — it serves as an authoritative base and provides recommendations for other major bodies, such as the International Standards Organization and the Codex Alimentarius Commission. □

Joan Powers Rickerd



Dr. D.S. Clark, Food Technology Section, Division of Biological Sciences and Secretary-Treasurer of the International Commission on Microbiological Specifications for Foods, examines sampling plans for some of the 70 different food commodities described in the new book.

Le Dr D.S. Clark, de la section de technologie alimentaire de la Division des sciences biologiques et secrétaire-trésorier de la Commission internationale pour la définition des caractéristiques microbiologiques des aliments, examine des plans de prélèvements concernant certains des 70 produits alimentaires décrits dans le nouvel ouvrage.

l'échantillonnage des aliments et des probabilités d'acceptation plus clairement définies et expliquées. Le manuel a sa place dans chaque laboratoire spécialisé en microbiologie des produits alimentaires et dans les bibliothèques personnelles des étudiants et des membres des professions de l'alimentation."

Une autre innovation qui a été adoptée par des douzaines de compagnies de produits alimentaires et par des organismes de protection de la santé dans le monde entier, tout en permettant d'économiser des milliers de dollars, est la mise en commun des échantillons d'essais pour l'analyse des *Salmonella*.

Le Dr Clark nous a expliqué: "Nous avons trouvé que nous pouvons prélever, par exemple, dix échantillons de 25 g aléatoirement pour en faire un seul, c'est-à-dire que nous pouvons mettre 250 g dans un mélange et la probabilité de trouver des *Salmonella* est égale à celle donnée par chaque échantillon individuellement. Nous avons trouvé que ceci s'applique à la fois aux aliments secs et à ceux qui contiennent beaucoup d'eau."

Sans ces résultats, qui sont décrits dans deux communications scientifiques et dans le livre, les compagnies et des organismes de contrôle se serviraient toujours de la vieille méthode basée sur l'utilisation d'échantillons individuels qui prend beaucoup de temps et qui est fort coûteuse. Maintenant, nous commençons à recevoir des rapports des compagnies de produits alimentaires où l'on peut lire qu'en l'absence de cette procédure ces compagnies ne pourraient pas appliquer le programme de contrôle des *Salmonella,* tout au moins jusqu'au point où il est maintenant possible de l'appliquer économiquement.

Le programme des essais suivant la méthode de la commission implique des études comparatives et faites en collaboration au sujet de différentes méthodes microbiologiques pour déterminer pour chaque catégorie laquelle des méthodes utilisées habituellement dans le monde est la meilleure, si toutefois une telle méthode existe. Vingt laboratoires représentant 13 pays y participent.

Le Dr Clark nous a dit: "Ces travaux sont essentiels car il est impossible d'obtenir une norme microbiologique internationale sans utiliser une méthode standard d'analyse. La seule manière permettant de trouver avec précision la méthode la meilleure est de procéder à une analyse comparative à l'échelle internationale."

Les membres de la commission et leurs conseillers ne servent pas seulement de délégués nationaux mais aussi de microbiologistes indépendants. De cette manière, pensent-ils, les progrès seront plus rapides pour obtenir l'information nécessaire car les résultats n'ont pas à être envoyés à différentes autorités à des niveaux variés pour approbation. Toutefois, la commission n'a pas le droit de faire des lois ou des règlements, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas imposer de méthodes ou de normes.

Le Dr Clark nous a encore dit: "Nous examinons la situation, nous étudions la documentation, nous exploitons l'expérience représentée par les membres de la commission et leurs conseillers et nous disons si ce qui se fait est le mieux ou non et nous publions nos conclusions. L'information est alors à la disposition de qui veut bien s'en servir."

"Nos travaux à la commission ont ouvert de nouveaux horizons, tout d'abord dans les méthodes et, ensuite, dans l'échantillonnage. Actuellement, nous révisons notre premier livre intitulé "Microorganisms in Foods — Their significance and Methods of Enumeration", pour tenir compte des nouveaux domaines comme celui des virus, des protozoaires et des parasites dans les aliments dont nous ne parlions pas dans la première édition. Quoique le Canada n'attache pas d'importance à certains de ces nouveaux aspects, d'autres pays s'y intéressent. L'année prochaine nous commencerons à travailler sur un autre ouvrage concernant la microbiologie de la détérioration des aliments en y incluant les méthodes. Ce sera alors le moment de revoir ce livre que nous venons de publier."

Comment est-ce que le consommateur peut être absolument sûr que sa nourriture quotidienne ne comporte aucun risque?

C'est le Dr Clark qui nous répond: "La seule manière d'être certain que des aliments sont sans risque sur le plan microbiologique est de les essayer tous; mais alors il ne restera rien à manger. C'est toujours une question de probabilité, c'est-à-dire qu'un très grand nombre d'échantillons sont prélevés et analysés et que, si les résultats sont acceptables, on en tire la conclusion que le reste est bon pour la consommation. Si l'on souhaite avoir une probabilité plus élevée il suffit de prendre un plus grand nombre d'échantillons; toutefois, lorsqu'il s'agit d'inspection ordinaire, la probabilité très élevée devient peu pratique."

"Au Canada nous avons un bon système de contrôle mais, naturellement, il n'est pas parfait et il est difficile de l'améliorer sans arriver à des prix de revient colossaux car il faudrait alors tester chaque lot d'aliments distribués dans le pays et s'assurer que, partout, les aliments sont manipulés correctement après la production. Les compagnies nous apportent une aide considérable dans notre travail si elles ont des microbiologistes et leurs propres normes internes microbiologiques. Mais, malgré qu'il en soit ainsi et malgré les inspections de représentants du gouvernement, il y a des intoxications de temps à autre. Jamais il ne sera possible de relâcher notre surveillance en ce qui concerne les aspects microbiologiques des aliments. Il est nécessaire d'améliorer continuellement nos normes déjà établies et de développer de nouvelles technologies."

En ce qui concerne les normes mondiales, la commission travaille actuellement sur ces problèmes; c'est un groupe de personnes compétentes pour faire des recommandations auprès d'autres organismes d'importance majeure, comme celui des normes internationales appelé ISO (pour "International Standards Organization") et comme la Commission Codex Alimentarius. □

Silos in Ontario and Quebec — Reaching for the sky

Feeding livestock with silage has proved to be one of the most valuable techniques adopted by the modern-day farmer. As a result, over 3,000 concrete silos were built in Ontario and Quebec in 1974. In view of the large financial outlay and potential for economic loss involved for the average farmer, the National Research Council undertook a research project two years ago to increase the knowledge of silo construction and make this information more widely available.

Canadian agriculture — a highly competitive industry comprising thousands of independently-owned and operated farm units — has become an increasingly important part of the economy. While the rural population, according to a Science Council of Canada report, has dropped from 2.9 million farm workers two decades ago to the present 1.7 million (an average yearly reduction of 3.5 per cent in the agricultural work force), the 174 million acres (69.6 million hectares) of land under cultivation and the annual net income ($1.7 billion) attributed to farming have remained relatively constant, and Canada's agricultural productivity shows an average annual increase of three per cent. This has been achieved through the modern farmer's ability to adopt more efficient and productive equipment and techniques.

Today, farmers, like other business people, aim to realize an acceptable profit and derive a certain amount of financial security from the land. To do so, they must compete successfully in the market by producing a variety of competitive goods. The feeding of livestock with silage has proved to be one of the most financially rewarding techniques farmers in Ontario and Quebec have adopted, but optimum use of this technique requires silos of greater capacity. For this reason, the compact tower silos occasionally glimpsed as

Two years ago, the National Research Council, in collaboration with the Ontario Ministry of Agriculture and Food and Agriculture Canada, instrumented a silo in Hammond, Ontario, under the direction of Dr. Bozozuk. Pressure and settlement gauges as well as piezometers were used to record data. The pressure cells and the foundation's steel reinforcing are clearly visible here.

En Ontario et au Québec

La technologie et les silos-tours

L'alimentation du bétail en ensilage représente une technologie moderne des plus avantageuse. De ce fait, plus de 3 000 silos-tours en béton ont été érigés en Ontario et au Québec en 1974. Vu l'importance des dépenses et des pertes économiques en cause pour l'agriculteur moyen, le Conseil national de recherches du Canada a entrepris, il y a deux ans, un programme de recherche visant à augmenter les connaissances sur la construction des silos et à faciliter l'accès à cette information.

Il y a deux ans, le Conseil national de recherches du Canada, le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario et Agriculture Canada, agissant solidairement, ont entrepris l'instrumentation d'un silo à Hammond en Ontario, sous la direction du Dr Bozozuk. Des capteurs de pression (que nous pouvons voir ici, de même que l'armature de fer de la fondation), des piézomètres ainsi que des jauges de points de tassement ont été utilisés.

Quoique l'agriculture au Canada soit une industrie hautement concurrentielle qui regroupe des milliers de fermes individuelles plutôt qu'un nombre limité de grandes compagnies interdépendantes, elle n'en est pas moins devenue un secteur de plus en plus important de l'économie canadienne. Selon le Conseil des sciences du Canada, la population agricole est passée de 2.9 millions de personnes à 1.7 millions au cours des deux dernières décennies; la main-d'oeuvre agricole a donc diminuée, en moyenne, de 3.5 p. cent chaque année. Cependant, les gains nets des exploitations agricoles canadiennes demeurent relativement constants aux environs de 1.7 milliards de dollars par année, le volume de production agricole augmentant de trois p. cent annuellement alors que l'etendue des terres cultivées demeure stable à 1974 millions d'acres (69.6 millions d'hectares). Ce succès est le résultat de nouvelles techniques et du meilleur équipement auxquels l'agriculteur a recours afin d'accroître sa productivité.

L'agriculteur, comme tout homme d'affaires, doit réaliser des bénéfices acceptables et tirer de la terre un certain niveau de stabilité économique. Afin d'y arriver, il doit maintenir sa position concurrentielle grâce à une variété de produits intéressants pour le consommateur. Par exemple,

part of Ontario and Quebec's heritage farms have been replaced by monolithic structures of ever-increasing girth and height. Since a premium silage crop must be stored soon after it is harvested (to prevent deterioration), a farmer using this method of crop storage has the opportunity to reseed acreage in those areas of Canada where Indian summer extends the growing season.

Statistics show that in 1974, over 3,000 tower silos were built in Ontario and Quebec. These include both stave and cast-in-place (C.I.P.) concrete silos. Concrete stave silos are constructed of hundreds of interfitting concrete stave units. The factory-made staves are fitted together to form the silo wall and held together with external steel reinforcing rods which, when tightened, bind the staves together somewhat like the hoops of a barrel. On the other hand, C.I.P. silos are erected at the site by placing concrete into circular forms which are raised as construction progresses. The statistics indicate that presently over 50 per cent of the cast-in-place silos and approximately 38 per cent of stave silos have a diameter of 20 ft (6 m). The average height for such a silo is 74 ft (22.6 m) in the case of C.I.P. silos and 69 ft (21 m) in the case of stave silos. While the average cost of a structure is $15,000, prices can range from $7,000 to $30,000, a large capital expenditure for the farmer. This explains why, in an effort to reduce costs, silo foundations are sometimes under-designed. This can result in excessive settlements, dangerous tilting and, occasionally, in complete failure.

In view of the large financial outlay and potential for economic loss involved, a research project was undertaken to increase the knowledge of silo construction and to make this information more widely available. Two years ago, the National Research Council of Canada, in collaboration with the Ontario Ministry of Agriculture and Food and Agriculture Canada, instrumented a large, 24 ft (7.3 m) diameter and 80 ft (24.4 m) high silo in Hammond, Ontario. The project was directed by Dr. Michael Bozozuk of NRC's Division of Building Research, which had been contacted originally to provide expertise and orientation. Pressure and settlement gauges and piezometers were installed to measure the pressure distribution beneath the foundation, the settlements, and distribution of pore water pressures (the pressure exerted by liquids at rest) in the foundation soil. The study showed that the applied pressure below the loaded tower was more or less evenly distributed, 50 per cent of the silage load being transmitted to the walls of the silo by friction.

The soil on which the structure rests was found to be a particularly important factor. One of Dr. Bozozuk's primary aims was to inform and educate members of the silo industry on test methods of soil analysis to determine the allowable bearing capacity of the soil. When the combined weight of the superstructure, operating equipment, foundation and silage exceeds that capacity, it usually leads to disastrous results.

A building contractor's experience is insufficient when the load imposed by the silo nears the bearing capacity of the soil. It then becomes necessary to determine the soil's shear strength, which in effect controls the bearing capacity. The tests may be done in the laboratory using good quality, undisturbed samples, or in situ. These measurements should be conducted to a depth equal to two-thirds the diameter of the foundation.

In view of the large financial outlay required, the farmer buying a silo sometimes economizes on the foundation in an effort to reduce costs. This can result in dangerous tilting and frequently, complete failure.

. . . les silos-tours

l'alimentation du bétail en silage représente une technologie moderne des plus avantageuse. Cependant, afin d'en tirer profit, il lui faut des silos de capacité importante. De ce fait, les petits silos-tours des fermes de jadis ont été remplacés par des monolithes aux dimensions toujours croissantes. Puisqu'il faut emmagasiner rapidement un fourrage de première qualité afin d'éviter qu'il se détériore, le fermier qui a recours à cette technique peut ensemencer ses terres à nouveau dans ces régions où le soleil rechauffe les terres jusqu'en octobre.

D'après les statistiques, plus de 3 000 silos-tours en béton (en sections et coulés sur place) ont été érigés en Ontario et au Québec en 1974. Le silo en sections est construit de centaines de pièces moulées à l'usine qui s'enboîtent pour former les murs de la tour. Ces murs sont ensuite renforcés à l'aide de tiges de fer, resserrées autour du mur un peu comme les cerceaux d'un tonneau. Par contre, le silo coulé sur place est érigé à l'aide de moules mis en place au fur et à mesure au cours de la construction. On a pu également établir qu'au-delà de 50 p. cent des silos en béton coulés sur place et environ 38 p. cent des silos en béton sectionné ont un diamètre moyen de 20 pieds (6 m), la hauteur moyenne du silo coulé sur place étant approximativement de 74 pieds (22.6 m) et celle du silo en section de 69 pieds (21 m). Le coût d'un silo-tour est d'environ $15,000, les prix s'échelonnant entre $7,000 et $30,000, ce qui représente un investissement important pour l'agriculteur. Pour cette raison, on essaie parfois d'effectuer des économies dans la construction des fondations: il peut en résulter un tassement excessif, une inclination périlleuse et parfois une rupture complète.

Vu l'importance des dépenses et des pertes économiques en cause pour l'agriculteur moyen, on a entrepris un programme de recherches visant à augmenter les connaissances sur la construction des silos et à faciliter l'accès à cette information. Il y a deux ans, le Conseil national de recherches du Canada, en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario et Agriculture Canada, a entrepris l'instrumentation d'un silo de 24 pieds (7.3 m) de diamètre et 80 pieds (24.4 m) de hauteur à Hammond, Ontario. Le projet a été confié au Dr Michael Bozozuk de la Division des recherches en bâtiment du CNRC, à laquelle on avait fait appel initialement pour fournir l'expertise et les conseils requis. Des capteurs de pression, des piézomètres ainsi que des jauges de points de tassement ont été utilisés pour effectuer les recherches. On a ainsi pu vérifier la répartition des pressions sous la fondation, la répartition de la pression de l'eau interstitielle (la pression exercée par les liquides au repos) et le tassement. Cette étude a démontré que la charge appliquée au sol sous la fondation du silo est à peu près uniforme. Près de 50 p. cent de la charge de l'ensilage est en effet transmise aux murs du silo sous forme de frottement.

On a pu vérifier que la nature du sol sur lequel repose la structure est un facteur des plus importants. L'un des principaux objectifs du Dr Bozozuk était donc d'informer l'industrie quant aux méthodes propres d'analyse du sol afin d'en vérifier la capacité portante. Quand le poids combiné des superstructures, de l'équipement d'exploitation, des fondations et de l'ensilage dépasse cette capacité, on peut

Puisque l'achat d'un silo-tour représente un investissement important pour l'agriculteur, ce dernier essaie parfois d'économiser sur la fondation du silo. Il peut en résulter une inclinaison périlleuse et même une rupture complète.

According to the theory of elasticity, the load on a circular footing is dissipated in the shape of a pressure bulb. For this reason, core samples should be taken to a depth equal to twice the diameter of the foundation in order to estimate the amount of settlement. The size of the bulb is in direct proportion to the diameter of the foundation: the larger the diameter, the larger and deeper the pressure bulb. The maximum vertical pressure occurs directly below the footing. At a depth equal to twice the diameter of the foundation, the vertical pressure diminishes to 10 per cent of this value. If the applied stresses within the bulb do not exceed the shear strength of the soil, the foundation will be stable.

A problem may arise when two or more silos each loading the soil to the allowable bearing capacity are constructed too close to each other. In this situation, the bulbs overlap and, because pressures are additive, the resultant bulb will be larger and deeper. The soil in the overlap zone will then be subjected to higher stresses and the foundation will settle more, causing the silos to tilt toward each other. In considering this problem, Dr. Bozozuk suggested that the distance between tower silos should not be less than the diameter of the foundation.

As researchers looked into other aspects of silo construction, it was discovered that a different set of problems occurred in structures built without floors. Silage juices formed during loading and storage penetrate the foundation soil. Driven by high hydrostatic pressures, the juices reduce friction between soil particles, causing a corresponding reduction in the soil's shear strength. Dr. Bozozuk's research indicated that an impermeable floor should be installed to prevent silage juices from penetrating the subsoil, particularly when the load imposed by the tower silo nears the soil's bearing capacity. The hydrostatic pressures that develop in the silage as the silo is filled can be dissipated through drains discharging to the outside. These drains should be covered and protected with an adequate filter to prevent clogging. As a result of this research, the addition of impermeable flooring is being considered for the Ontario Silo Association's technical specifications.

Prior to the research project undertaken in 1973, technical specifications often alluded to some safety aspects of silo construction, although no comprehensive list had yet been drawn up.

The factor of safety of any structure is derived from the relationship between the maximum forseeable loads to which the structure might be subjected and the ultimate strength of the structure. Acceptable safety factors had never been determined for the industry. Dr. Bozozuk, in collaboration with Waterloo University, Guelph University and the Ontario Silo Association, proposed that field research be carried out on various silos built on different types of soils to evaluate their performance and to establish design criteria. Some structures would be instrumented to study the distribution of pressure beneath the various foundations and to determine the coefficient of friction between the silage and the tower wall. Measurements of interstitial water pressures (the water pressure between soil particles) would be made and the acceptable settlement and tilt would be established. Previous studies on failed silos have confirmed the mathematical equations for calculating the ultimate bearing capacity of the soil (from its known shear strength) and enabled practical safety factors to be incorporated.

A related research project has also furthered knowledge of silos and their constuction. Mr. J.E. Turnbull of Agriculture Canada has studied projecting ring foundations for tower silos. His work showed that a washer or donut-shaped footing which extends beyond the circumference of the silo wall improves the stability of silos built on soft or compressible soils. This design is also economical since the floor can be made with inexpensive coarse gravel (for drainage) and polyethylene film (to prevent seepage) and guarantees a more stable structure.

These research projects will enable the agricultural industry to determine safe, economical means of ensilaging crops. An important remaining element is to increase the awareness of all those connected with the silo industry, including sales personnel and contractors, so that farmers can benefit from this method of harvesting and storage without running undue risks. □ **Diane Bisson**

Quicksand is a condition activated by flowing water. Rapid upward seepage floats the sand grains and creates a quicksand effect (demonstrated here by Dr Bozozuk.) Rapid downward seepage compacts the sand and improves the stability.

Le phénomène des sables mouvants est dû à l'action de l'eau. Le Dr Bozozuk démontre qu'en présence d'une percolation rapide et ascensionnelle, les grains de sable flottent, créant ainsi un effet de sables mouvants. Par contre, un courant de filtration rapide vers le bas resserre les grains et augmente la stabilité.

s'attendre à des résultats désastreux.

Puisque l'expérience de l'entrepreneur ne suffit pas lorsque la charge imposée par le silo approche la capacité portante du sol, il faut alors vérifier en laboratoire ou sur place la résistance au cisaillement (qui contrôle la capacité portante). A cette fin, on peut faire les analyses requises en laboratoire, pourvu que l'on utilise des échantillons de bonne qualité, et l'échantillonnage doit être poursuivi sur le terrain à une profondeur égale aux deux tiers du diamètre de la fondation.

La théorie de l'élasticité veut que la charge sur une semelle circulaire se dissipe sous forme de bulbe de pression et il faut donc échantillonner à une profondeur égale à deux fois le diamètre de la fondation afin de vérifier le tassement. Les dimensions du bulbe sont fonction du diamètre de la fondation: plus le diamètre est grand, plus le bulbe est grand et profond. La plus grande pression verticale est exercée directement au-dessous de la semelle et tombe à dix p. cent de cette valeur à une profondeur égale à deux fois le diamètre de la fondation. Si les forces exercées à l'intérieur du bulbe ne dépassent pas la résistance du sol au cisaillement, la fondation est stable.

Un problème particulier peut se poser dans le cas de deux silos ou plus construits trop près l'un de l'autre, la charge de chaque silo approchant la capacité portante du sol. Il y a alors chevauchement des bulbes de pression et comme les pressions exercées s'ajoutent, le bulbe de pression ainsi formé devient plus considérable et plus profond. Le sol dans la région du chevauchement étant soumis à des forces plus grandes, le tassement est plus important, avec ce résultat que les silos s'inclineront l'un vers l'autre. Après étude du problème, le Dr Bozozuk a suggéré que l'on sépare les silos d'une distance au moins égale au diamètre des fondations.

En délimitant les problèmes propres à la construction de silos-tours, les chercheurs ont également réalisé que l'agriculteur qui fait bâtir son silo sans plancher fait face à un problème particulier. Les jus d'ensilage qui se forment durant le procédé d'entreposage s'infiltrent sous la fondation. Poussés par de fortes pressions hydrostatiques, ces liquides affectent le frottement interne et réduisent la capacité portante du sol. A la suite des recherches du Dr Bozozuk, on a déterminé qu'un plancher imperméable est nécessaire afin d'empêcher que le liquide pénètre le sol, surtout lorsque la charge imposée par la structure approche la capacité portante du sol. On peut éliminer les pressions hydrostatiques qui se forment dans l'ensilage à mesure que le silo se remplit au moyen de rigoles dans le plancher imperméable autour de la base du silo qui permettent l'écoulement vers l'extérieur. Ces rigoles doivent être couvertes pour empêcher les obstructions. À la suite de ces recherches, l' "Ontario Silo Association" considère présentement la possibilité de recommander l'addition d'un tel plancher à ses spécifications techniques.

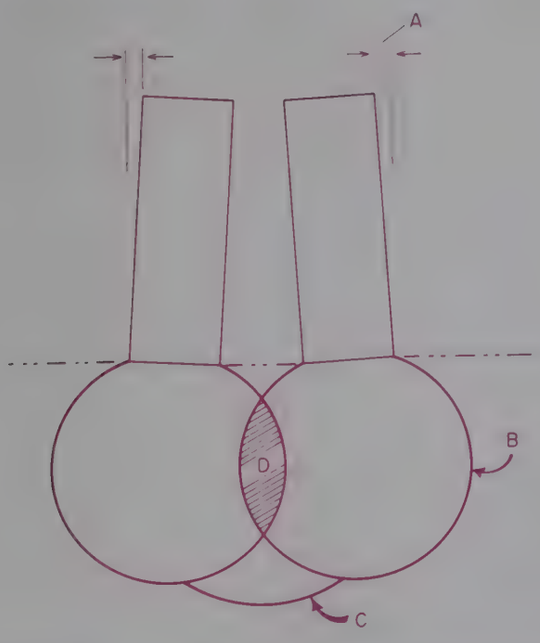
Quoique les spécifications techniques pour la construction de silos-tours faisaient parfois allusion à certains aspects de la sécurité en matière de construction des silos avant le lancement du projet de recherche, personne n'avait dressé une liste de facteurs de sécurité acceptables pour l'industrie. Le facteur de sécurité pour tout édifice est dérivé de la relation entre la charge maximum à laquelle la structure pourrait être soumise et la solidité ultime de cette structure. Le Dr Bozozuk, en collaboration avec l'Université Waterloo, l'Université Guelph et l' "Ontario Silo Association", a entrepris une évaluation de divers silos s'appuyant sur des sols de types variables pour déterminer leur comportement et définir des critères de calcul. Certaines structures ont été instrumentées pour vérifier la répartition des pressions sous les fondations, évaluer les coefficients de frottement entre l'ensilage et la paroi du silo et mesurer les pressions de l'eau entre les particules du sol. Il est également prévu de déterminer les tolérances de tassement et d'inclinaison. Des études préalables ont confirmé l'équation mathématique permettant de calculer la capacité portante du sol (en partant de sa résistance au cisaillement) et de prévoir des facteurs pratiques de sécurité.

Un autre projet de recherches a également approfondi les connaissances sur les silos et leur construction. Une étude entreprise par J.E. Turnbull, d'Agriculture Canada, a montré que, sur les sols mous ou compressibles, une fondation constituée d'une semelle annulaire, dont la configuration rappelle celle d'une rondelle et dont l'emprise déborde la paroi proprement dite du silo, en accroît la stabilité. Du fait que le plancher peut être réalisé avec du gravier de forte granulométrie (pour l'écoulement des jus d'ensilage), recouvert d'un film de polyèthylène empêchant les infiltrations, ce type de construction est plus économique tout en offrant une structure plus stable.

Grâce à ces recherches, l'industrie agricole pourra définir des méthodes économique d'ensilage qui offrent des garanties de sécurité. Il reste maintenant à sensibiliser tous ceux qui sont intéressés à la technologie des silos, que ce soient les vendeurs, les constructeurs ou les agriculteurs, afin que ces derniers puissent bénéficier pleinement de cette méthode d'emmagasinage des récoltes sans courir de risques inutiles. ☐ **Diane Bisson**

According to the theory of elasticity, the load on a circular footing is dissipated in the shape of a pressure bulb the size of which is in direct proportion to the diameter of the foundation. Therefore, the larger the diameter, the larger and deeper will be the pressure bulb.

La théorie d'élasticité indique que la charge sur une semelle circulaire est dissipée sous forme de bulbe de pression, les dimensions de ce bulbe étant liées au diamètre de la fondation. Ainsi, plus le diamètre est grand, plus le bulbe est large et profond.



Overlapping pressure bulbs

a. tilt
b. individual pressure bulb
c. combined pressure bulb
d. overlap

Chevauchement des bulbes de pression

a. inclinaison
b. bulbe de pression
c. bulbe de pression conjugué
d. chevauchement

Building hybrids from cultured plant cells — Visions of Arctic wheat

Researchers at NRC's Prairie Regional Laboratory have developed a means of producing a wide variety of hybrid plant cells from somatic or body cells in culture. If the present work on regenerating mature plants from the hybrid cells (morphogenesis) is successful, it will provide a powerful tool for crop improvement.

Mankind's change from a nomadic, hunting existence to a life in permanent settlements came about not from the efforts of warriors or kings, but from the labors of curious men interested in plants, the "green-thumbed" food gatherers who discovered how to cross-pollinate the grasses that grew in the river valleys and deltas. These first primitive experiments in hybridization, the creation of new plant varieties from dissimilar parents, led to the eventual development of wheat, a food source that enabled man finally to settle down in one place.

Many changes and advances have been made since these early times, and today agricultural research facilities around the world are utilizing the hybridization process in plant breeding. Though most laboratories are concerned primarily with crop improvement, the development of tougher, drought-resistant plants and improved food yields, some are interested in the nature of the hybridization process itself. In the strict sense of the word, hybridization is the crossing of the germ or sex cells of two different organisms, termed *intraspecific* if it takes place between strains of the same species, and *interspecific* if it occurs between different species. While crosses between strain's are quite common, interspecific crosses are rare (a well-known example of the latter is triticale, a new high yield cereal resulting from a cross between wheat and rye).

One laboratory in which this type of cross is no longer a rarity, where some quite startling hybrid cells have been produced, is the National Research Council's Prairie Regional Laboratory in Saskatoon, Saskatchewan. The Cell Culture group of the Laboratory has been investigating a relatively new method of hybridization involving the somatic or body cells of plants rather than the sex cells (pollen is a male sex cell for example, while leaf tissue is composed of somatic cells). These cells are grown on special nutrient media and the conditions are studied that lead to fusion, the first step in hybridization where the internal contents of two cells are pooled.

According to Dr. Oluf Gamborg, a senior member of the group, one obstacle to producing somatic cell hybrids in the past was the cell wall, the envelope of cellulose that surrounds all mature plant cells. Cell fusion cannot take place if this wall is present.

"The production of cells deprived of their walls, naked cells called 'protoplasts', is now well established, however," says Dr. Gamborg. "Enzymes are used to strip the cellulose away, whereupon the cells are placed under conditions that encourage fusion. Last year, Dr. K.N. Kao of our laboratory achieved a significant breakthrough by developing a method that insures fusion, even between cells relatively far apart on the plant phylogenetic scale."

The key substance in the technique, explains Dr. Gamborg, is polyethyleneglycol (PEG), which causes protoplasts to stick together in the culture medium. When mediated by PEG, it appears that protoplast fusion between even distant relatives in the plant kingdom is possible. Species as far apart as conifers and cereals (Douglas-fir and brome grass) have successfully formed 'heterokaryocytes' or fused product cells by Dr. Kao's method.

Cell fusion is only the first step in hybridization. To qualify as a true hybrid, the nuclear material of the product cell has to be mixed, and normal cell division, or mitosis, must be possible. Although it has been relatively easy to demonstrate fusion between widely different plant species, it has been more difficult to show that true hybrids have in fact been produced. A continuing problem in this regard has been the separation of the fused products from the parent cells.

"Usually, one of the parent protoplasts has been chosen precisely because it divides so well," says Dr. Gamborg. "This is an advantage during fusion, but it works against you when you want to isolate the product cells. We have been considering a number of ways of getting rid of these parents, such as the selection of culture conditions that are appropriate only for the fused cells. Another possibility is the use of poisons, either chemicals or uncommon amino acids such as canavanine, that selectively kill off the parents without harming the fused cells."

Cassava, a root plant that serves as an important food crop in tropical countries (left) is afflicted under normal conditions by a viral disease which causes stunting and a lowering of nutrient value (right). When the Canadian International Development Agency (CIDA) needed a method for producing Cassava plants free of disease, it turned to PRL and its demonstrated expertise in plant tissue culturing. CIDA required a means of growing disease-free stock plants for transporting varietal improvements of Cassava from one region to another without the danger of exporting the disease as well. PRL researchers accomplished the task by first isolating cells from the growing shoot tip known to be disease-free, and working out the culture conditions necessary for the regeneration of the complete plant.

Le manioc, dont la racine fournit un aliment important des régions tropicales (à gauche), peut avoir une maladie virale qui produit un dépérissement et une diminution de sa valeur nutritive (à droite). Lorsque l'Agence canadienne de développement international (ACDI) a eu besoin de trouver une méthode permettant d'obtenir du manioc sans cette maladie, elle s'est tournée vers le LRP pour profiter de ses experts dans la culture des tissus végétaux. L'ACDI cherchait à trouver le moyen de faire pousser ces végétaux sans qu'ils soient malades afin de pouvoir procéder à l'amélioration du manioc d'une région dans l'autre sans risquer d'importer la maladie. Les chercheurs du LRP ont réussi à satisfaire à cette demande d'abord en isolant les cellules des extrémités non malades et en développant des conditions de culture nécessaires pour que la plante complète soit régénérée.

Des hybrides dérivés de cultures de cellules végétales
Du blé dans l'Arctique?

Les chercheurs du Laboratoire régional des Prairies, du CNRC, ont mis au point un moyen de produire de nombreuses sortes de cellules végétales hybrides en partant de cellules somatiques, c'est-à-dire du corps, en culture. Si les travaux actuels sur la régénération de plantes adultes en partant de cellules hybrides (morphogenèse) sont réussis, on disposera d'un outil puissant pour améliorer les récoltes.

Ce ne sont pas les rois et les guerriers qui ont fait passer l'homme d'une existence de chasseurs et de nomades à celle de sédentaires mais plutôt les travaux d'hommes curieux intéressés par les plantes, ces hommes aux doigts magiques qui ont découvert comment s'y prendre pour que les herbes des vallées et des deltas se reproduissent sexuellement. Ces premières expériences primitives d'hybridation, la création de nouvelles variétés végétales en partant de parents différents ont conduit à la naissance du blé, ce grain à la base de notre nourriture, et qui a permis finalement à l'homme de devenir sédentaire.

Depuis ces temps anciens bien des changements ont eu lieu et bien des progrès ont été accomplis et, aujourd'hui, les installations de recherche en agriculture dans le monde entier étudient l'hybridation. Malgré que les laboratoires, pour la plupart, s'intéressent tout d'abord à l'amélioration des récoltes, au développement de plantes plus résistantes à la sécheresse et plus robustes et aussi à de meilleurs rendements, certains s'intéressent aussi au processus d'hybridation lui-même. Strictement parlant, le mot hybridation signifie le croisement de cellules sexuées provenant de deux organismes différents; on dit que l'hybridation est *intraspécifique* si elle a lieu entre des souches de la même espèce et *interspécifique* si elle a lieu entre des souches d'espèces différentes. Alors que les croisements entre souches sont très communs, les croisements interspécifiques sont rares et comme exemple nous pouvons citer celui qui est bien connu du "triticale", nouvelle céréale de rendement élevé et qui a été obtenu en croisant du blé et du seigle.

Au Laboratoire régional des Prairies, du CNRC, à Saskatoon, dans la Saskatchewan, ce type de croisement n'est plus rare et l'on y a développé certains hybrides vraiment étonnants. La section des cultures cellulaires dans ce laboratoire a étudié une méthode relativement nouvelle d'hybridation et impliquant des cellules somatiques. c'est-à-dire du corps comme celles des feuilles, par exemple, plutôt que des cellules sexuées comme le pollen qui est une cellule mâle. On fait multiplier et pousser ces cellules sur un milieu nutritif et spécial et les conditions qui conduisent au fusionnement sont étudiées car c'est le premier pas de l'hybridation où le contenu interne de deux cellules est mis en commun.

Selon le Dr Oluf Gamborg, chef de la section, la production d'hybrides à cellules somatiques s'est heurtée par le passé à l'existence de la paroi cellulaire, c'est-à-dire à l'enveloppe de cellulose qui entoure la cellule végétale adulte. Le fusionnement cellulaire ne peut pas avoir lieu si cette paroi existe.

Il nous a dit: "La production de cellules démunies de leurs parois, c'est-à-dire de cellules nues appelées "protoplastes", est toutefois maintenant bien établie. Les enzymes sont utilisées pour faire disparaître cette cellulose de sorte que les cellules sont placées dans des conditions qui encouragent le fusionnement. L'année dernière, le Dr K.N. Kao, de notre laboratoire, a réussi une percée importante en mettant au point une méthode qui facilite grandement ce fusionnement même entre des cellules relativement éloignées les unes des autres à l'échelle phylogénétique végétale".

La substance clef dans cette technique, nous a expliqué le Dr Gamborg, est le "polyéthylèneglycol" (PEG), qui fait que les protoplastes se collent ensemble dans le milieu de culture. Sous l'action de ce PEG, on remarque que le fusionnement des protoplastes, même entre des plantes appartenant à des familles éloignées dans le monde végétal est possible. Des espèces aussi éloignées les unes des autres que les conifères et les céréales comme le sapin de Douglas et le brome respectivement, ont donné des "hétérokaryocytes", c'est-à-dire des cellules de fusionnement grâce à la méthode du Dr Kao.

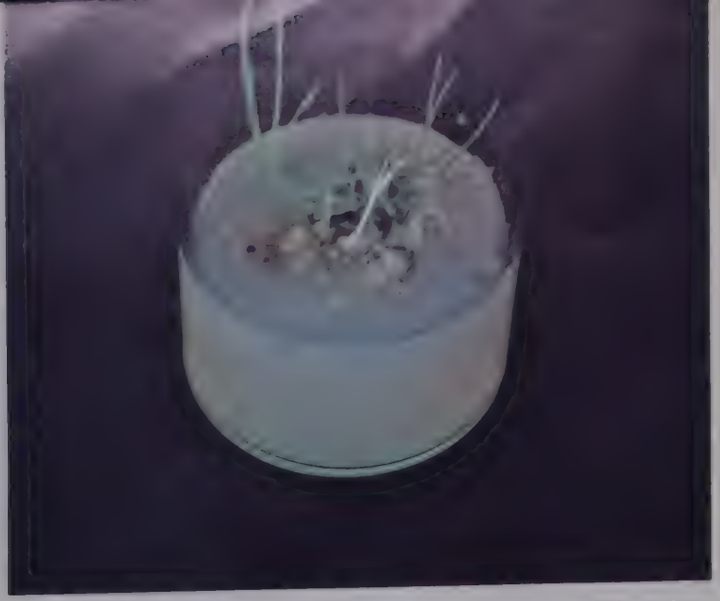
Le fusionnement cellulaire n'est que le premier pas de l'hybridation toutefois et, pour être vraiment un hybride, il faut que le matériau nucléaire de la cellule résultante soit mélangé et que la division cellulaire normale appelée mitose soit possible. Bien qu'il ait été relativement facile de démontrer le fusionnement entre des espèces végétales très différentes, il a été plus difficile de montrer que l'on avait vraiment produit des hybrides. En effet, les grosses difficultés rencontrées par les chercheurs résident dans la séparation des produits de fusionnement des cellules parentes.

Écoutons le Dr Gamborg: "D'habitude, l'un des protoplastes parents a été choisi précisément parce qu'il se divise si bien. C'est un avantage durant le fusionnement, mais c'est encore un inconvénient lorsque l'on veut séparer les cellules produites du reste. Nous avons considéré différentes manières de se débarasser des cellules parentes comme la sélection de conditions de culture appropriées uniquement pour les cellules fusionnées. On a aussi considéré la possibilité de se servir de poisons comme certains produits chimiques ou comme des acides aminés inhabituels comme la canavanine qui tue les cellules parentes sélectivement sans endommager les cellules de fusionnement".

Malgré ces difficultés il y a des cas où la production de vrais hybrides a été démontrée par le laboratoire; ainsi, on a pu opérer des croisements dont nous donnons quelques exemples: la graine de soja et le mélilot, la graine de soja et la luzerne et la graine de soja et l'orge. Chaque parent émane d'une espèce végétale différente ce qui fait que les cellules filles deviennent des hybrides "intergénériques" (les différences génétiques sont plus grandes que chez les hybrides interspécifiques). Dans chacun de ces cas, l'hybride se divise comme on a pu le vérifier ce qui donne un ensemble de cellules groupées appelé "cal". Plusieurs autres types de cellules fusionnées qui se divisent pour former des cals dont certains impliquent des parents issus d'espèces très différentes, sont aussi en cours d'examen au laboratoire pour voir si ce sont vraiment des hybrides. Un problème ennuyeux qui reste à résoudre en ce domaine se trouve dans l'absence de tests sans ambiguïté pour déterminer l'hybridité. Dans les exemples ci-dessus, la nature des chromosomes a clairement démontré qu'il s'agissait d'hybrides des cellules.

Mais alors qu'est-ce qui suit la formation d'hybrides, c'est-à-dire comment se développe la plante, comment se produisent les différenciations de la nouvelle cellule pour donner une plante adulte? Ce processus de régénération végétale, connu sous le nom de morphogenèse, c'est-à-dire littéralement la production d'une forme, est un autre domaine majeur d'intérêt de la section.

Le Dr Gamborg nous a encore dit: "Pour engendrer des plantes hybrides adultes nous devons d'abord avoir une idée de la manière d'obtenir une plante en partant de cellules somatiques normales en culture. Quelles conditions physiques sont nécessaires et quels constituants doivent être



An albino plant growing among normal, chlorophyll-containing plants on a cell culture medium prepared at PRL. A plant cannot survive under normal circumstances without chlorophyll. The growth medium contains the nutrients required by the albino to grow. These unusual plants were used to study the development of chloroplasts, the intracellular organelles that contain chlorophyll in green plants.

Plante albinos, parmi des plantes normales à chlorophylle, en milieu de culture cellulaire préparé au LRP. Une plante ne peut normalement pas survivre sans chlorophylle mais le milieu contient les produits nutritifs nécessaires à la plante albinos pour qu'elle se développe. Ces plantes inhabituelles ont servi à étudier le développement de chloroplastes, les organelles intracellulaires qui contiennent la chlorophylle chez les plantes vertes.

Despite these problems, there are cases where the production of true hybrid cells has been demonstrated by the laboratory; soybean and sweet clover, soybean and alfalfa, and soybean and barley are all examples of such crosses. Each parent is from a different plant genus, making the daughter cells 'intergeneric' hybrids (the genetic differences are greater here than in interspecific hybrids). In each of these cases, the hybrid has been shown to undergo division, producing a cluster of cells called a 'callus'. Several other fused cell types which divide to form calluses, some involving parents from widely different species, are also being examined by the laboratory to see if they are true hybrids. In the above examples, the nature of the chromosomes clearly demonstrated the hybrid nature of the cells. A vexing problem in this area remains the absence of techniques to isolate the hybrids from the parent cells.

What of the step following hybrid formation, the growth and differentiation of the new cell to produce a mature plant? This process of plant regeneration, known as morphogenesis (literally, the generation of shape) is another major area of interest for the group.

"To regenerate mature hybrid plants," says Dr. Gamborg, "we must first have some idea of how to obtain a plant from a normal somatic cell in culture. What physical conditions are required and what constituents must be present in the nutrient medium? The conditions for the regeneration of a mature carrot plant from a protoplast have been known for some time, and recently our laboratory worked out the method for producing a rapeseed plant from a protoplast. However, no one to date has been able to produce a mature plant from an intergeneric hybrid obtained by somatic cell fusion."

Morphogenesis is a complicated area of research in which the dividing cells begin to differentiate, forming tissues with specialized functions. This process is initiated by hormones, which control not only the kinds of specialization that take place but the time when they occur as well.

Dr. Gamborg speculates that it is somewhere in this process that incompatibility between the parent cells will show up, if it does at all.

"We know that the beginning stage of this development, the embryonic state, is quite different in many of these species, and it is here that natural restrictions may set the limits on hybridization."

It is obvious that incompatibility is not expressed at the stage prior to morphogenesis, since hybrid cells are capable of growth and division. The cellular regulatory mechanisms that initiate DNA (deoxyribonucleic acid) synthesis and nuclear division are apparently similar at this point. They operate in harmony even for hybrids formed from distantly related species. This suggests that at the metabolic or biochemical level, unspecialized cells are virtually the same across a wide range of the plant kingdom.

"We are also interested in a third aspect of the genetic modification of plant cells," says Dr. Gamborg. "This concerns the uptake of genetic information (DNA) isolated from one species, by the cells of another, a process that has been termed 'transformation'. The aim here is to smuggle genes into the cell, and have these new characteristics expressed by the 'transformed' cell. Dr. K. Ohyama of our laboratory appears to have successfully incorporated DNA from a bacterium into the genetic material of a plant protoplast, but whether or not this new information is being expressed by the protoplast is currently under investigation.

The ability of the laboratory to produce so many types of fused cells has opened the door on a novel area of experimental investigation, one that requires special new analytical techniques. For example, what tests can be set up to distinguish true hybrid cultures from those of the parents, or from chimeras (cultures composed of a mixture of the two parents)? How does one determine if all the genetic information (the genome) of each parent is carried through the successive divisions of the hybrid? How does an investigator determine what cells in a culture have been 'infected' by DNA in the transformation experiments?

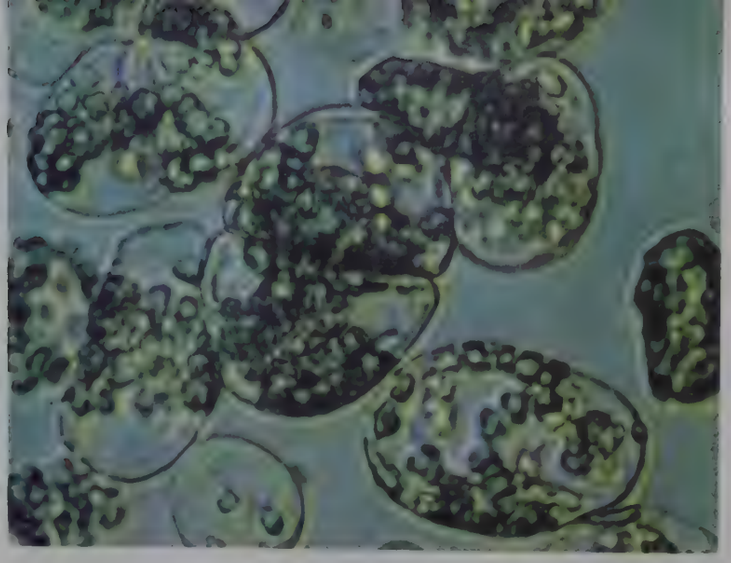
Work in this area also promises to answer some interesting theoretical questions, particularly on the limits of hybridization. In nature, sexual barriers usually limit the kinds of hybrid that can be produced in ways such as the reproductive organs of one species being unsuited to those of other species, sexual cycles that are not synchronized, and so forth. With somatic (or asexual) hybridization, this barrier has been removed. How far apart then can plants be on the 'family tree' before they are unable to cross successfully?

To Dr. Fred Constabel, a research officer in the group, one of the intriguing aspects of the work is how it will affect the biological concept of *species*.

"Suppose we are able to regenerate mature hybrid plants from these distantly-related species," says Dr. Constabel. "What then becomes of the term species, since it is defined as a group of organisms that cannot cross with other groups (species)? The biologists that classify life, the taxonomists, are faced with an interesting philosophical problem here."

The possibilities for improving man's agricultural plants by somatic cell hybridization are enormous although, Dr. Gamborg concedes, the process may only be feasible within a fairly proscribed species or generic range. The impact of genetic changes even on a fairly restricted scale would be felt almost immediately. Consider the benefits of raising the protein quality of cereal plants, or increasing their resistence to diseases. And what of changes that increase a plant's tolerance to extreme environmental conditions? Such a possibility moves the concept of Arctic wheat out of the realm of science fiction.

Consider, finally, a plant like wheat or corn that has been given the ability to utilize atmospheric nitrogen in the manner of the legumes — peas, beans and alfalfa. This would mean that these cereals, so important to the world food economy, could be grown on lands which are too nitrate-poor at present to support them. In Dr. Gamborg's words: "Improvements of this kind would mark the beginning of a second green revolution." ☐ **Wayne Campbell**



The PRL Cell Culture group has developed effective methods for inducing plant protoplasts to fuse. Recently, hybrid cells from widely different plant species have been produced and some of these unusual hybrids have been induced to divide. Here, a rapeseed-soybean hybrid is shown undergoing normal cell division.

Le groupe de cultures cellulaires du LRP a mis au point des méthodes efficaces de fusionnement des protoplastes végétaux. Récemment, des cellules hybrides provenant d'espèces végétales très différentes ont été produites et certaines de ces plantes hybrides inhabituelles ont été induites à se diviser. Cette photographie illustre un hybride de soja et de colza en cours de division cellulaire normale.

présents dans le milieu nutritif? Les conditions pour engendrer une carotte adulte en partant d'un protoplaste sont connues depuis un certain temps et, récemment, notre laboratoire a défini la méthode de production de colza en partant d'un protoplaste. Toutefois, à ce jour, personne n'a pu produire une plante adulte en partant de cellules hybrides."

La morphogenèse est un domaine complexe de la recherche; c'est là que les cellules se divisent et commencent à se différencier en formant des tissus à fonctions spécialisées. Ce sont des hormones qui contrôlent ce processus, c'est-à-dire non seulement les différentes spécialisations qui ont lieu mais aussi le moment où elles se produisent.

Le Dr Gamborg suppose que c'est à un certain moment de ce processus que l'incompatibilité entre les cellules parentes apparaît, si toutefois cette incompatibilité apparaît.

Il nous a dit: "Nous savons que le début de ce développement, c'est-à-dire l'état embryonnaire, est très différent dans beaucoup de ces espèces et c'est là que se trouve probablement les limites de l'hybridation".

Il est évident que l'incompatibilité n'est pas exprimée à la phase précédant la morphogenèse puisque les cellules hybrides peuvent grandir et se diviser. Les mécanismes intracellulaires de régulation qui sont à la base de la fabrication de l'ADN, c'est-à-dire de l'acide désoxyribonucléique, et des divisions nucléaires sont, à ce point, apparemment semblables. Ils agissent en harmonie, même dans le cas d'hybrides formés à partir d'espèces de parenté éloigné. Ceci conduit à penser qu'au niveau biochimique ou métabolique, des cellules non spécialisées sont virtuellement les mêmes d'un bout à l'autre du monde végétal.

Le Dr Gamborg nous a dit: "Nous sommes aussi intéressés par le troisième aspect de la modification génétique des cellules végétales. Ceci concerne l'absorption de l'information génétique (ADN) isolée d'une espèce par les cellules d'une autre, processus qui a été appelé "transformation". Là nous visons à faire passer des gènes dans la cellule et à avoir ces nouvelles caractéristiques exprimées par la cellule "transformée". Le Dr K. Ohyama de notre laboratoire apparaît comme ayant réussi l'incorporation de l'ADN en partant d'une bactérie dans un matériau génétique d'un protoplaste végétal mais on n'est pas encore sûr que cette nouvelle information est exprimée par le protoplaste. Les cellules de graines de soja qui ne peuvent pas utiliser les hexitols et le lactose comme source de carbone dans des circonstances normales, peuvent le faire après traitement avec l'ADN provenant de l'*Azotobacteer vinelandii*, c'est-à-dire d'une bactérie qui peut utiliser cette source de carbone. La vitesse de la croissance des cellules traitées est beaucoup plus lente que celle à laquelle on s'attendait ce qui pose la question: que s'est-il passé?"

Comme le laboratoire peut produire tant de types de cellules fusionnées, il a été possible de se lancer dans un domaine nouveau d'étude expérimentale qui nécessite de nouvelles techniques analytiques spéciales. Ainsi, quels tests peuvent être définis pour distinguer des cultures de vrais hybrides de celles des parents ou de "chimères", c'est-à-dire de cultures composées d'un mélange de deux parents? Comment peut-on déterminer si toute l'information génétique (le génome) de chaque parent se retrouve après les divisions successives de l'hybride? Des expériences avec des hybrides cellulaires animaux nous ont appris qu'un génome peut être sélectivement effacé au cours de la génération cellulaire. Comment un chercheur détermine-t-il quelles cellules dans une culture ont été "infectées" par l'ADN au cours des expériences de transformation?

Dans la nature, les barrières sexuelles limitent habituellement les espèces d'hybrides qui peuvent être produits du fait, par exemple, que les organes de reproduction d'une espèce sont incompatibles avec ceux d'autres espèces, ou encore du fait que les cycles sexuels ne sont pas synchronisés, etc. Toutefois, avec l'hybridation somatique, c'est-à-dire non sexuelle, ce type d'obstacle a disparu. La question qui se pose est alors de savoir jusqu'à quel point les plantes peuvent être éloignées les unes des autres sur "l'arbe généalogique" avant que le croisement ne réussisse plus. Le Dr Fred Constabel, l'un des chercheurs de la section, est curieux de voir dans quelle mesure ces travaux affecteront le concept biologique des espèces et c'est là l'un des aspects fascinants de ces recherches.

Écoutons-le: "Supposons que nous puissions engendrer des plantes hybrides adultes en partant de ces espèces de parenté éloignée. Quelle sera alors la signification du terme espèce puisque le mot correspond à un groupe d'organismes qui ne peuvent fusionner avec d'autres groupes ou espèces? Les biologistes qui déterminent les classifications de la vie et les spécialistes de la taxonomie vont avoir à résoudre un problème intéressant sur le plan philosophique".

Les possibilités d'améliorer les plantes utilisées par l'agriculture au moyen d'hybridation de cellules somatiques sont énormes quoique, comme le concède le Dr Gamborg, le processus pourrait bien n'être possible que dans un domaine assez délimité des espèces ou des gammes "génériques". L'impact des changements génétiques même à une échelle assez restreinte serait ressenti presque immédiatement toutefois. Considérons les avantages donnés par une amélioration de la qualité protéinique des céréales ou l'augmentation de leur résistance aux maladies. Et ne serait-il pas intéressant de pouvoir disposer de plantes dont la résistance est plus grande dans des conditions climatiques des plus défavorables? C'est alors que le blé de l'Arctique pourrait peut-être sortir du domaine de la science fiction pour entrer dans celui de la réalité.

Considérons, finalement, une plante comme le blé ou le maïs qui pourrait utiliser l'azote atmosphérique comme les légumineuses, c'est-à-dire les pois, les haricots et la luzerne. Ceci signifierait que ces céréales si importantes pourraient pousser dans des sols actuellement trop pauvres en nitrate pour que ce soit possible et ainsi contribuer à résoudre les problèmes alimentaires qui confrontent actuellement l'humanité. Ce serait alors, nous a dit le Dr Gamborg: "le début d'une deuxième révolution agricole". □

PRL studies an important plant-bacteria alliance —

Making protein out of thin air

Scientists at the Prairie Regional Laboratory are investigating the manner in which bacteria in the roots of legume plants convert atmospheric nitrogen into a form available to life. The "trigger" substances that the bacteria require from the plant for "fixing" nitrogen have been studied and shown to be present in plants which do not normally carry out the process.

In many areas of the world, food crops cannot be grown because of a lack of essential nitrogenous compounds in the soil. Though terrestrial plants are quite literally bathed in nitrogen gas which makes up four-fifths of the atmosphere's volume, it is not in a chemical form that most of them can utilize. This element, which is essential to life for building the amino acids that constitute proteins, must be chemically modified before it can be used by living systems.

In nature this is carried out by certain organisms, primarily blue-green algae and bacteria, with the ability to "fix" or combine atmospheric nitrogen with other elements. The details of the process are not yet clear, but current research shows that the so-called "nitrogen-fixers" reduce the gas to ammonia (NH_3), a form of nitrogen available to life.

Man supplements this natural process by the use of synthetic fertilizers on his crops. The success of modern agriculture in greatly increasing world food production, sometimes referred to as the "green revolution", has depended upon the widespread use of nitrogenous fertilizers. Although the development of crop strains with greater resistance to cold and drought has played a part, few factors produce the high yields observed when the available nitrogen is increased in the soil. The problem with fertilizers, however, is their dependence on the supply of fossil fuel, a commodity which is not only limited but becomes more costly every year. The expense of this man-made process of nitrogen fixation in which methane, water and nitrogen are combined at high temperature and pressure to give ammonia, is one of the key factors that determine the cost of food production.

Though higher plants are incapable of fixing nitrogen, one group known as the legumes can perform the reaction through participation in one of nature's most unusual relationships. The legumes (peas, beans, alfalfa and clover are examples) not only allow certain bacteria to infect their roots (forming lump-like "root nodules") but supply them with nutrients and other substances as well; in return, the "guest" microorganisms fix nitrogen for use by the plant. The relationship, termed symbiosis, thus operates to the benefit of both organisms. Farmers have always had a practical knowledge of this aspect of the legumes and, in many parts of the world, the plants are grown to replenish fields that have become nitrogen-poor from overuse.

Several laboratories are now studying this plant-bacteria relationship in an effort to improve on the natural process of fixation. While most researchers concentrate on the bacterial "symbiont" which does the actual fixing, a group at the National Research Council's Prairie Regional Laboratory in Saskatoon, Saskatchewan, has focussed its attention on the legume host. Their approach to the investigation is a broad one, a fact reflected in the diversity of scientific backgrounds within the group. Two microbiologists, one biochemist and a geneticist make up the research team. Basically, their aim is to develop a better legume plant, one that produces larger amounts of protein either by fixing nitrogen more efficiently or doing it for a longer time than normal.

"Under Prairie conditions," says biochemist Dr. Tom LaRue, "a legume fixes only about one-quarter of the nitrogen it needs. The rest it mines from the soil. Ideally, we would like the plant to fix all its nitrogen so that there would be no dependence on the soil."

Another problem is the abrupt halt to fixation that occurs after flowering and filling of seed pods begin. At this stage, the plant diverts all its resources to reproduction and the fixation process, which requires a considerable amount of energy, is shut down. This means that the supply of protein to the seeds, the part consumed by man, is greatly reduced. "If fixation could be extended into this pod-filling stage, even for a relatively short period of time," says Dr. LaRue, "it would have a considerable impact on the world supply of edible protein."

To improve the natural system, it is necessary to know something of the chemical events that control fixation. Over the last few years, the group has made key breakthroughs in the field, uncovering new facts which have thrown the research area wide open. Questions that have puzzled biologists for years are now being answered.

In 1974, Dr. Jeffrey Child (a microbiologist) discovered the conditions under which Rhizobia, the bacterial genus that fixes nitrogen in legumes, is able to perform the task *outside* the plant root cell. Normally, the bacterium must be inside to do the job. The host plant provides the microorganism with some factor (or factors) which enables it to synthesize nitrogenase, an enzyme system capable of reducing nitrogen (N_2) to ammonia.

"We brought cultured soybean cells together on a growth medium with the correct Rhizobial symbiont, and our test system showed that nitrogenase was being produced," says Dr. Child. "This indicated that nitrogen fixation was taking place. At first it appeared that the natural symbiotic condition had been simulated, but later evidence showed that the bacteria were merely associated with the root cells on the agar medium. Infection, or entry into the cells, was not taking place. The cell substances that trigger fixation were apparently diffusing through the agar to the bacteria."

Dr. Child then observed that the specificity found in nature, the requirement of a legume species for a specific Rhizobium, did not hold for the experimental system.

"Combinations of plant and bacteria which never occur in nature are possible under our laboratory conditions," he explains, "indicating that the natural barriers are a surface phenomenon, possibly having something to do with the infection process or nodule formation. At the genetic or biochemical level, there do not appear to be any restrictions on the legume-Rhizobium combinations that fix nitrogen."

However, the truly dramatic development concerned the performance of non-legumes in these experiments. Plants which do not normally fix nitrogen, such as wheat, rice and rapeseed, also have the ability to initiate fixation in Rhizobia under laboratory conditions. They too can synthesize the special "trigger" substance(s) needed by the bacteria to carry out the process. This startling result makes the prospect of wheat and other cereals with nodule systems and nitrogen-fixing capabilities a more realistic prediction for the future. The biochemistry at least makes it a possibility, although functional considerations might ultimately delay such a development.

One of the important reasons for the success of the project lies in the laboratory's ability to culture plant cells and bacteria free of contaminants. Cultural purity is critical in this kind of work because of the danger of adulterating the experimental system with bacteria capable of independent nitrogen fixation. In the past, just such artifacts of contamination have been wrongly reported as evidence of plant-bacteria fixation.

Au LRP, étude d'une symbiose importante

Des protéines avec du vent

Les chercheurs du Laboratoire régional des Prairies étudient comment l'azote atmosphérique est transformé en azote assimilable dans les racines des légumineuses sous l'action de certaines bactéries. Les substances nécessaires aux bactéries pour fixer l'azote proviennent de la plante et l'on a montré qu'elles existent chez des plantes qui, normalement, ne peuvent pas fixer l'azote.

Dans bien des pays du monde, on ne peut pas cultiver des plantes comestibles en raison du manque de composés azotés essentiels dans le sol. Malgré que les plantes soient littéralement immergées dans l'azote, puisque ce gaz constitue les quatre cinquièmes environ de l'atmosphère, la plupart d'entre elles ne peuvent pas l'assimiler directement. L'azote, essentiel à la vie du fait qu'il est nécessaire pour obtenir les acides aminés qui constituent les protéines, doit subir une modification chimique avant de pouvoir être utilisé par les systèmes vivants.

Dans la nature, cette modification se fait sous l'action de certains organismes, surtout d'algues d'un bleu-vert et de bactéries, qui peuvent fixer l'azote atmosphérique ou le combiner avec d'autres éléments. Les détails du processus ne sont pas encore clairs mais les recherches actuelles montrent que les agents de fixation de l'azote réduisent le gaz en azote ammoniacal, c'est-à-dire qu'elles le combine à l'ammoniac de formule NH_3 et qu'après d'autres transformations microbiennes l'azote devient assimilable.

L'homme facilite ces processus en utilisant des engrais chimiques. Le succès de l'agriculture moderne, lorsqu'il s'est agi d'augmenter de beaucoup la production des plantes alimentaires dans le monde et qu'on appelle souvent la "révolution verte", est largement dû à l'utilisation généralisée d'engrais azotés. Bien que le développement de certaines variétés végétales, résistant mieux au froid et à la sécheresse, ait joué un grand rôle, peu de facteurs ont été aussi importants pour obtenir des rendements élevés, que l'augmentation de la proportion d'azote utilisable dans les sols. Toutefois, un problème se pose en ce qui concerne ces engrais puisqu'ils sont fabriqués en partant de combustibles fossiles qui n'existent qu'en quantité limitée et coûtent de plus en plus cher chaque année. Le coût de la production de nos aliments dépend donc largement du prix de revient de la fixation artificielle de l'azote qui se fait en combinant sous pression à haute température le méthane, l'eau et l'azote pour obtenir de l'ammoniac.

Les plantes supérieures dans l'échelle végétale ne peuvent pas fixer l'azote mais les légumineuses y parviennent grâce à l'une des relations des plus inhabituelles de la nature. Les légumineuses, c'est-à-dire les pois, les haricots, la luzerne et le trèfle, par exemple, non seulement permettent à certaines bactéries d'infecter leurs racines en formant des nodosités, c'est-à-dire des petits nodules, mais elles approvisionnent ces nodosités en éléments nutritifs et en d'autres substances. En retour, les micro-organismes parasites fixent l'azote que la plante utilise. Cette relation, appelée symbiose, est ainsi à l'avantage des deux organismes. Les fermiers la connaissent depuis toujours et, dans bien des pays du monde, les légumineuses sont utilisées pour enrichir en azote les sols qui ont pu être épuisés par d'autres cultures.

Plusieurs laboratoires étudient actuellement cette relation entre la plante et les bactéries afin d'essayer de mieux exploiter ce processus naturel de fixation. Quoique la plupart des chercheurs concentrent leurs efforts sur les bactéries ou symbiotes qui, en fait, fixent l'azote, des chercheurs du Laboratoire régional des Prairies du Conseil national de recherches, à Saskatoon, dans la Saskatchewan, ont concentré leur attention sur les légumineuses elles-mêmes. Cette manière d'attaquer le problème implique de nombreux domaines de recherche ce qui est reflété par la composition du groupe de chercheurs où l'on trouve, en effet, deux microbiologistes, un biochimiste et un généticien. Il s'agit pour eux tout d'abord de mettre au point une meilleure légumineuse pouvant donner de plus grandes quantités de protéines, soit en fixant l'azote plus efficacement, soit en le fixant pendant des durées plus longues.

Le Dr Tom LaRue, biochimiste, nous a dit: "Dans les conditions qui sont les nôtres dans les Prairies, une légumineuse ne fixe que le quart environ de la quantité d'azote dont elle a besoin. Le reste provient du sol. Ce que nous voudrions obtenir, c'est que la légumineuse ne prenne son azote que dans l'atmosphère de sorte que sa vie ne dépendrait pas de l'azote qu'elle peut trouver dans le sol."

Un autre problème est posé par l'arrêt brutal de la fixation au moment de la floraison et du commencement de la maturation de la graine. C'est à ce moment-là que la plante concentre tous ses moyens sur la reproduction; le processus de fixation est alors arrêté car il nécessite une grande quantité d'énergie. Ceci signifie que la quantité de protéines dirigée sur les graines, c'est-à-dire sur la partie comestible, est grandement réduite. Le Dr LaRue nous a dit: "Si la fixation pouvait continuer ne serait-ce que pendant un temps relativement court durant la maturation, l'impact sur l'approvisionnement du monde en protéines comestibles serait considérable."

Pour améliorer le processus naturel, il est nécessaire de mieux comprendre les réactions chimiques contrôlant la fixation. Au cours des dernières années, le groupe a réussi une percée en ce domaine car il a mis en évidence des faits nouveaux qui ont donné une impulsion nouvelle aux recherches. Des questions que des biologistes se sont posées pendant des années ont maintenant des réponses.

En 1974, le Dr Jeffrey Child, un microbiologiste, a découvert les conditions dans lesquelles le Rhizobium, espèce bactérienne qui fixe l'azote chez les légumineuses, peut exécuter sa mission *en dehors* des cellules de la racine de la plante. Normalement, la bactérie doit se trouver à l'intérieur pour pouvoir faire son travail. La plante hôte fournit au micro-organisme un certain élément, ou des éléments, qui lui permettent de faire la synthèse de la nitrogénase, système enzymatique capable de réduire l'azote (N_2) pour donner de l'ammoniac.

Le Dr Child nous a dit: "Nous avons mis ensemble des cellules de soja cultivées dans un milieu de culture avec le symbiote rhizobial correct et nos essais ont montré que de la nitrogénase a été produite. Ceci signifie qu'il y avait bien eu fixation de l'azote. Tout d'abord, il est apparu que la condition naturelle symbiotique avait été simulée mais, plus tard, nous avons pu nous assurer que les bactéries étaient tout simplement associées aux cellules des racines par le milieu appelé gélose. L'infection, c'est-à-dire la pénétration des cellules par des corps étrangers n'avait pas lieu. Apparemment, les substances cellulaires qui déclenchent la fixation se diffusaient à travers la gélose jusqu'aux bactéries."

Le Dr Child a alors observé que la spécificité trouvée dans la nature, condition requise par une espèce de légumineuse pour un Rhizobium spécifique, ne se vérifiait pas dans le système expérimental. Il nous a expliqué: "Les combinaisons de plantes et de bactéries, qui ne se produisent jamais dans la nature, sont possibles dans nos conditions de laboratoire ce qui indique que les barrières naturelles sont un phénomène de surface qui a peut-être

Dr. LaRue, in collaboration with microbiologist Dr. Wolf Kurz, then took Dr. Child's work one step further. They discovered how to get the bacterial symbiont to fix nitrogen in the absence of the plant cells. Says Dr. Kurz: "the agent or 'trigger' substance which enables Rhizobia to fix nitrogen on our 'defined' medium is a pentose sugar, xylose or arabinose; root cells secrete a compound similar to this, which we are now in the process of identifying. The pentose sugar might be described as a 'surrogate' for the natural agent that triggers fixation."

This work now permits scientists to study the genetics of the nitrogen fixation process as it applies to the bacteria much more conveniently than before. It provides a simplified experimental system in which bacterial geneticists can exclude such things as infection, nodulation and other aspects of the symbiotic relationship from their considerations.

Though Dr. LaRue and Dr. Kurz work on different aspects of the fixation program, they both study the biological controls that affect the process, generally speaking.

Dr. LaRue feels that the time of fixation could be extended by the use of growth regulators (hormones). "Anything that one of these substances initiates means that the capabilities are in the plant from the start," he says. "Synthetic growth regulators can be used to find an effect in a particular plant, but ultimately we would hope to get the plant to do the same thing by itself."

For Dr. Kurz, the way to extend this fixation time might lie in improving photosynthesis, the process that provides energy-rich carbon compounds for fuelling the plant's physiological activities. In the carbon economy of a plant, compounds are both produced by photosynthesis and used up in running the vital cellular processes. The amount of carbon taken up to produce energy compounds compared to that given off in respiration is higher for plants like corn and sugar cane than the legumes. In other words, they are more efficient in their utilization of carbon.

"We feel that the supply of carbohydrates to the roots of legumes is the limiting factor in nitrogen fixation," says Dr. Kurz, "since the process requires a great deal of energy. When pod-filling begins there is simply not enough energy to go around, and the plant favors reproduction. What we hope to develop is a legume with the same high efficiency in producing carbon compounds as is found in corn and sugar cane."

Studies of the genetics of nitrogen fixation have been meagre in the past and confined almost entirely to the bacterial symbiont, an imbalance that plant geneticist Dr. Brian Holl is helping to correct. He works primarily with field peas because of the great natural variation found in the species (an advantage in genetic experiments) and the fact that the World Pea Collection is maintained on the University of Saskatchewan campus in Saskatoon. This collection, which contains most of the known pea "cultivars" (varieties) in the world, has been screened by Dr. Holl in a search for clear-cut features that can be subjected to genetic analysis. He has set up a crossing program designed to clarify the nature of the genes responsible for nitrogen fixation.

"My interest is in defining the genetics of the fixing system in the plant so that I can manipulate it," says Dr. Holl. "I want to know how many genes are involved in the plant's control of fixation. Because we have a rapid, non-destructive method of measuring nitrogen fixation, it is relatively easy to screen cultivars for differences in this ability."

Dr. Holl discovered that there was a wide range in this fixing ability, all the way from peas that fix nitrogen in high levels of soil nitrate to peas which do not fix nitrogen at all. Other cultivars were discovered in the collection that continue fixation beyond the normal period and into the pod-filling stage.

A scientific breakthrough at PRL. The bacteria on this agar plate (the two streaks at the bottom) are actively fixing nitrogen outside the root cells of a legume plant (the orange, "cauliflower-like" mass at the top, termed a "callus".). Under normal circumstances, these bacteria must be inside the root cells to perform the fixing task.

Les bactéries sur cette plaque de gélose (les deux bandes du bas) fixent activement l'azote en dehors des cellules de la racine d'une légumineuse (la masse orange, "en chou-fleur", du haut est appelée "cal"). Dans des circonstances normales ces bactéries doivent se trouver à l'intérieur des cellules végétales pour exécuter leur mission.

In addition, his program acts as a gathering house for the developments of the other scientists in the group. "If Dr. Kurz finds a photosynthetic mutant, or Dr. LaRue a growth regulator that increases fixation in a particular plant, I can incorporate them into my crossing program."

Dr. Holl is not, however, a plant breeder. "When the program produces a pea variety with some desirable feature," he continues, "I then hand it over to the pea breeders at the Crop Development Center here on the University campus for inclusion in their breeding programs."

The hybrid envisioned as the goal in these studies, the quintessential "super-fixing" legume, will be one which nodulates early in harsh soil conditions, fixes nitrogen even in high soil nitrate levels, and continues the process well into the final, pod-filling stages of the plant's life.

"Although knowledge in plant genetics comes slowly and breeding experiments are time-consuming," says Dr. Holl, "this approach has great potential for increasing nitrogen fixation in legumes, and ultimately the production of protein."

☐ **Wayne Campbell**

quelque chose à faire avec le processus d'infection ou de formation des nodules. Au niveau génétique, ou biochimique, il ne semble pas exister de restrictions concernant les combinaisons de légumineuses avec un Rhizobium fixant l'azote."

Toutefois, ce qui est vraiment remarquable concerne les performances des non-légumineuses au cours de ces expériences. Les plantes qui, normalement, ne fixent pas l'azote comme le blé, le riz et le colza, peuvent toutefois le faire sous l'action du Rhizobium en laboratoire. Elles peuvent aussi faire la synthèse des substances spéciales nécessaires au déclenchement du processus bactérien. Ce résultat étonnant permet de penser que le blé et d'autres céréales pourraient avoir des nodosités et fixer l'azote à l'avenir. En tous cas, la biochimie permet de l'entrevoir quoique des considérations fonctionnelles pourraient s'opposer par la suite à un tel développement.

Une des raisons importantes de la réussite du projet se trouve dans le fait que le laboratoire permet de cultiver des cellules végétales et des bactéries sans qu'elles soient contaminées. La pureté des cultures est critique dans ce genre de travail en raison du danger d'introduire dans le système expérimental des bactéries capables d'une fixation indépendante de l'azote. Par le passé, il a suffi d'erreurs de ce genre tout simplement pour contaminer la culture et pour ensuite déclarer à tort que la fixation de l'azote avait eu lieu.

Le Dr LaRue et un autre microbiologiste, le Dr Wolfe Kurz, ont alors poussé un peu plus loin les travaux du Dr Child. Ils ont trouvé comment s'y prendre pour que le symbiote bactérien fixe de l'azote en l'absence de cellules végétales. Le Dr Kurz nous a dit: "L'agent, ou la substance, qui déclenche le phénomène et permet au Rhizobium de fixer l'azote dans notre milieu "défini" est un pentose, un xylose ou un arabinose. Les cellules de la racine sécrètent un composé qui leur est semblable et qui est en cours d'identification. Le sucre pentose pourrait être décrit comme étant un "substitut" de l'agent naturel qui déclenche la fixation."

Ces travaux permettent maintenant aux scientifiques d'étudier la fixation de l'azote sous ses aspects génétiques dans le cadre bactérien beaucoup plus facilement qu'auparavant. En outre, ils ont donné un système expérimental simplifié permettant aux spécialistes de la génétique bactérienne de ne pas tenir compte de certains phénomènes, comme l'infection, la nodulation et d'autres aspects de la relation symbiotique, dans leurs considérations.

Quoique le Dr LaRue et le Dr Kurz travaillent sur différents aspects du programme de fixation, ils étudient en général ensemble les facteurs qui affectent le processus.

Le Dr LaRue pense que le temps de fixation pourrait être prolongé en utilisant des régulateurs de croissance, c'est-à-dire des hormones. Il nous a dit: "Toute chose que l'une de ces substances peut déclencher signifie que les possibilités se trouvent dans la plante elle-même dès le commencement. Des régulateurs synthétiques de croissance peuvent être utilisés pour trouver un effet sur une plante particulière mais, à la fin du compte, nous espérons obtenir que la plante fasse la même chose d'elle-même."

Pour le Dr Kurz, la manière de prolonger la durée de la fixation pourrait se trouver dans l'amélioration de la photosynthèse, processus par lequel on obtient des composés riches en carbone et, de ce fait, en énergie pour alimenter les activités physiologiques de la plante. Dans l'économie du carbone, sur le plan végétal, les composés sont produits par photosynthèse puis consommés au cours des processus cellulaires de la vie. La quantité de carbone nécessaire pour produire des composés énergétiques, comparée à celle qui est perdue par la respiration, est plus élevée dans le cas de plantes comme le maïs et la canne à sucre que pour les légumineuses. En d'autres mots, ces dernières sont plus efficaces dans la manière dont elles utilisent le carbone.

Le Dr Kurz nous a dit: "Nous pensons que l'approvisionnement des racines des légumineuses en hydrates de carbone est le facteur qui limite la fixation de l'azote puisque le processus nécessite une grande quantité d'énergie. Lorsque les gousses commencent à se remplir il n'y a tout simplement pas assez d'énergie pour leurs besoins et la plante a plutôt tendance à travailler dans le sens de la reproduction. Ce que nous espérons mettre au point est une légumineuse de rendement aussi élevé, dans sa production de composés du carbone, que celui du maïs ou de la canne à sucre."

Les études sur l'aspect génétique de la fixation de l'azote ont été assez peu étendues par le passé et limitées presque entièrement au symbiote bactérien, c'est-à-dire au déséquilibre que le Dr Brian Holl, spécialiste de la génétique végétale, essaie de corriger. Il travaille surtout avec des pois des champs en raison de la grande variation naturelle trouvée dans l'espèce, ce qui représente un avantage pour les expériences génétiques, et aussi du fait que la "Collection mondiale de pois" se trouve à l'Université de la Saskatchewan, à Saskatoon. Cette collection, qui contient la plupart des variétés de pois connues dans le monde, a été passée au crible par le Dr Holl qui cherchait à trouver des caractéristiques nettes pouvant être soumises à une analyse génétique. Il a mis au point un programme de croisement conçu pour clarifier la nature des gènes responsables de la fixation de l'azote.

Il nous a dit: "Je m'intéresse à définir les aspects génétiques du système de fixation chez la plante pour m'en servir. Je veux savoir combien de gènes sont impliqués dans le contrôle de cette fixation. Comme nous disposons d'une méthode rapide et non destructive pour mesurer la fixation de l'azote, il est relativement facile d'examiner les variétés pour trouver les différences en ce domaine."

Le Dr Holl a découvert que la capacité de fixation peut varier beaucoup et aller de celle des pois qui fixent l'azote dans des sols très riches en nitrate (connus pour inhiber normalement le processus) à celle des pois qui ne fixent pas du tout l'azote. D'autres variétés ont été découvertes, dans la collection, qui continuent la fixation au delà de la période normale et même jusqu'au moment de la maturation.

Son programme a un effet centralisateur de l'information pour le plus grand avantage des autres scientifiques du groupe. Il a ajouté: "Si le Dr Kurz trouve un mutant photosynthétique, ou si le Dr LaRue trouve un régulateur de croissance qui augmente la fixation chez une plante particulière, je peux les incorporer dans mon programme de croisement."

Le Dr Holl n'est pas, toutefois, un phytogénéticien. Il a continué: "Quand le programme donne une variété de pois ayant une caractéristique recherchée, je la donne justement à ces spécialistes du Centre de développement des récoltes ici même sur le terrain de l'université, pour qu'elle soit introduite dans leur programme."

L'hybride, considéré comme étant le but de ces études, la légumineuse "super-fixante", en serait une qui donne des nodosités tôt dans des sols difficiles, qui fixe l'azote même dans des sols très riches en nitrate et qui continue le processus au delà du temps normal jusqu'au début de la maturation. Le Dr Holl nous a dit: "Nous acquérons lentement des connaissances sur les aspects génétiques des végétaux et nos expériences prennent beaucoup de temps, mais cette manière d'attaquer le problème a un grand potentiel pour augmenter la fixation de l'azote chez les légumineuses c'est-à-dire, en fin de compte, la production de protéines."□

Peat moss — Nature's cleanser

NRC-aided research at Sherbrooke University has brought to the pilot-plant stage of development the COUPLAN process for removing contaminants from industrial waste waters. Using peat moss as the cleansing agent, this process can achieve results that meet or surpass the most stringent pollution control requirements.

As man gains a better appreciation of his ability to adversely alter the earth's environment, concern has increased over industrial pollution, particularly as it affects lakes and rivers. Even the oceans, covering over four-fifths of the planet's surface, now seem endangered by human activity. Although solutions have been proposed, they cost, for the most part, millions of dollars and require decades of effort. Moreover these solutions are aimed at ameliorating the effects of long-term unchecked abuse, one highly visible example being the clean-up of London's Thames River. Canada, however, is benefitting from world interest in pollution at a time when it is still possible for her comparatively young industries, concentrated in certain areas of the country, to improve their operations and reverse the trend toward a polluted environment. This can be done at reasonable cost, without jeopardizing their financial stability, or that of the country.

Industrial waste is made up of two major pollutants: colorants and metals. Although colorants are generally biodegradable, special treatments are necessary because this process deprives the water of an appreciable amount of oxygen. As well, nature is slow to eliminate heavy metals from the water; even traces of these elements are highly toxic. Four years ago, two researchers at Sherbrooke University's Faculties of Sciences and Applied Sciences began investigating the use of peat as a complexant, or cleansing agent. In this role, peat exhibits significant characteristics: it can absorb eight to 12 times its weight in oil and it can remove 95 per cent of surfactants (detergent constituents dissolved in the water). An open cellular structure makes peat an efficient adsorbent of dyes and other color compounds; moreover, because of its chemical composition (mostly lignine and cellulose), peat is capable of forming very stable complexes with certain metals. Drs. Bernard Coupal and Jean-Marc Lalancette considered these particular qualities. Might it not be possible to purify waste waters through contact with this abundant and economical material?

Peat is formed by the decomposition of organic material in an airless, moist milieu over a period of thousands of years. There are enormous quantities of peat in Canada: experts estimate that over 225 million tons (203 Mt) of peat are distributed over 37,000 square miles (60,000 km^2). This little known natural resource, an intermediate step in the carbonization process, costs only two cents per pound (4.5 cents per kg) wholesale.

The COUPLAN process, used to purify industrial waste waters, was the result of research initiated at Sherbrooke University in 1971 with the aid of a National Research Council of Canada grant. The pilot plant built at the University was designed to allow a gravity feed of contaminated water through a peat bed. Three steps are involved in the elimination of colorants and heavy metals. The first step is the wetting of the peat. This is accomplished by vigorously agitating peat and water in a cylindrical tank. Before this can be done the peat must be ground and sized to the correct fibre length. The addition of peat to the water is regulated to allow a continuous feed to the apparatus. Supplementary agitation by means of recirculating the suspension through the wetting tank is used to provide a more homogeneous mix. Once a suspension of one-half to one per cent peat moss has been achieved in the wetting tank, it is then directed to the secondary mixing tank, where a continuous stirring action maintains the suspension.

From a submerged pump in this tank the suspension falls into a profiled dispenser and is guided towards the end of a wire mesh conveyor. This mesh retains the peat, but lets the water through, building a mat of peat whose thickness is a function of the speed of the mesh conveyor and the amount of peat moss contained in the suspension. It usually varies in thickness from one-half to one inch (1.2 to 2.5 cm). It is important to note that the peat is not subjected to any compression during the build-up of the mat. The water used to form the mat is collected under the mat and returned to the first wetting tank. The mat is then washed as it emerges from the feeder, either with fresh water or by diverting some of the treated water. This operation "sits" the peat and reduces suspended materials after treatment. Once the mat has been washed, it is ready to treat the waste water.

It is sometimes advantageous to treat waste waters with a chemical reagent. This permits a faster sedimentation of the solids and also reduces the amount of peat moss required in the process. After sedimentation, the water to be processed is pumped through a set of four feeder lines above the peat mat. The outlets on the feeder lines are located on top of the pipes to minimize disturbance of the mat. After the first pass through the peat, the water is collected, pumped to another set of feeder lines at the top end of the conveyor and is passed through the peat mat a second time. At this point, colorants and metals have been successfully removed. An optimal flow rate of 40 gallons per square foot (180 l/0.09 m^2) of peat per hour prevents the formation of pools of water which tend to perforate the peat bed. The used peat falls onto another conveyor belt which carries the peat to a holding trough.

The COUPLAN process satisfies the stringent pollution control requirements of many well-known government agencies, specifically the United States Environmental Protection Agency. For example, metals in industrial waste waters must not exceed 30 parts per billion cyanides, 50 parts per billion chromium, 200 parts per billion copper and 500 parts per billion silver and zinc. The pilot plant in operation at Sherbrooke University not only meets these standards, but often surpasses them. In the case of copper pollution, a sample of untreated water with a copper content of 600 parts per billion was found to have only 40 parts per billion copper after treatment. The standards are also surpassed in the case of zinc and nickel, and excellent results have been achieved with colorants, the degree of removal reaching 99 per cent in some cases.

The reduction in Biological Oxygen Demand (B.O.D.) is also significant. (The B.O.D. is a general indicator of the pollution 'load' in waste waters.)

Sherbrooke University's prototype unit can process daily 25,000 imperial gallons (112 500 l) of waste water contaminated with a variety of pollutants. It costs approximately $100,000. Being a single stage modular unit, it requires no adjustment and can be readily scaled up for modification. Moreover, it is a solid, simple machine not requiring specialized operator training.

CEVMI-CHIMIE of Paris, France, holds a license for the COUPLAN process in Western Europe; the process is also licensed in the United States through the firm of Hussong-Walker-Davis. These will soon be joined by representative companies in Australia and Japan. In Canada,

La tourbe
Purificateur naturel

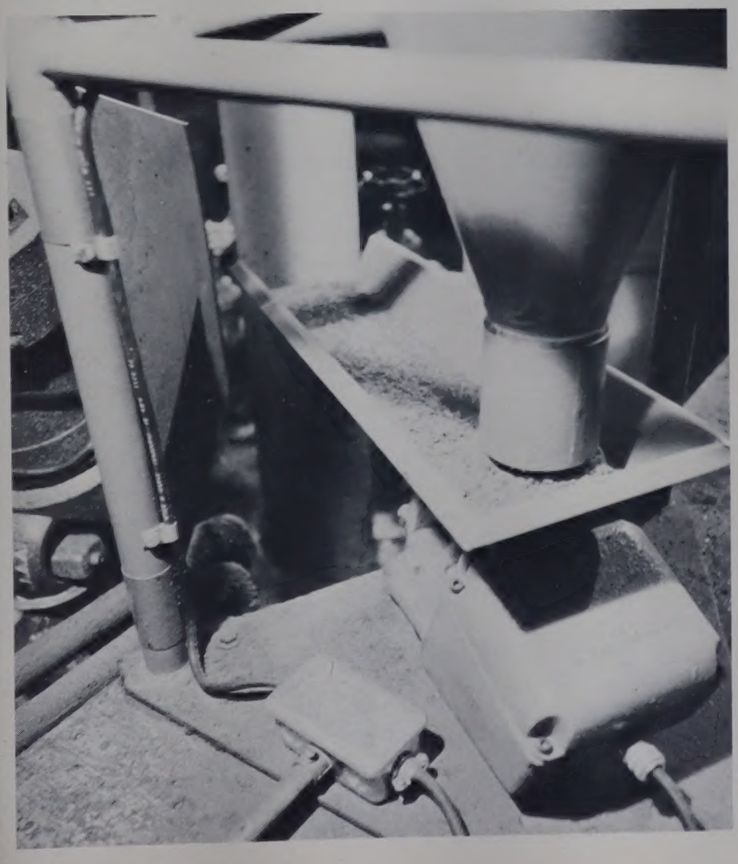
Des recherches, commencées en 1971 à l'Université de Sherbrooke et subventionnées par le CNRC, ont mené à la mise au point du procédé COUPLAN. Ce procédé utilise la tourbe comme agent complexant pour l'épuration des eaux usées industrielles. Les performances du système permettent de répondre aux exigences des agences gouvernementales responsables de l'environnement.

A mesure que l'homme prend mieux conscience de son action néfaste sur l'environnement, il se montre de plus en plus préoccupé par la pollution industrielle, notamment des lacs et des rivières. Même les océans qui occupent plus des quatre cinquièmes de la surface de la planète semblent maintenant menacés. On a, bien sûr, proposé des solutions mais elles coûteraient pour la plupart des millions de dollars et des décennies d'efforts. Ces solutions, dont un parfait exemple nous est fourni par l'assainissement de la Tamise, ne visent d'ailleurs qu'à atténuer les effets à long terme d'abus incontrôlés. Le Canada bénéficie toutefois de l'attention que l'on porte partout dans le monde à ces questions à un moment où il est encore possible pour les industries relativement jeunes, concentrées dans certaines régions du pays, d'améliorer leurs processus d'exploitation et de mettre fin à la pollution de l'environnement. Elles peuvent y parvenir à un coût raisonnable sans mettre en danger leur stabilité financière ou celle du pays.

Les produits résiduaires industriels contiennent deux polluants majeurs: les colorants et les métaux. Bien que les premiers soient généralement biodégradables, il est nécessaire de leur faire subir des traitements spéciaux parce que la biodégradation prive l'eau d'une quantité appréciable d'oxygène. L'élimination naturelle des métaux lourds contenus dans l'eau est également un processus lent et, même à l'état de traces, ces éléments sont excessivement toxiques. Il y a quatre ans, deux chercheurs des Facultés des sciences et des sciences appliquées de l'Université de Sherbrooke ont envisagé d'utiliser la tourbe comme agent d'épuration et leurs travaux ont montré qu'elle a des propriétés exceptionnelles sur ce plan puisqu'elle absorbe de huit à douze fois son poids en pétrole et peut éliminer 95% des surfactifs dissous dans l'eau. Sa structure cellulaire ouverte en fait un produit qui adsorbe efficacement les colorants et d'autres éléments entrant dans leur composition, et comme elle est surtout constituée de lignine et de cellulose, elle peut former des complexes très stables avec certains métaux. Le Dr Bernard Coupal et le Dr Jean-Marc

The COUPLAN process uses peat as the complexant or cleansing agent to purify industrial waste waters. The pilot plant built at Sherbrooke University regulates the addition of peat to the water to allow a continuous feed to the apparatus. This machinery ensures the continuous feed of peat, which has been ground and sized to the correct fiber length.

Le procédé COUPLAN utilise la tourbe comme agent d'épuration des eaux résiduaires d'origine industrielle. L'installation pilote construite à l'Université de Sherbrooke est alimentée en tourbe concassée et calibrée au préalable. Ce système assure l'alimentation en continu.



The first step in the elimination of colorants and heavy metals is the wetting of the peat. This is accomplished by vigorously agitating peat and water in a cylindrical tank until a suspension of one-half to one per cent peat moss has been achieved.

La première étape du processus d'élimination des colorants et des métaux lourds consiste à mouiller la tourbe en l'agitant vigoureusement avec de l'eau dans un réservoir cylindrique jusqu'à ce que le pourcentage des particules de tourbe en suspension soit de 1/2 à 1%

The suspended peat falls into a profiled dispenser and is guided towards the end of a wire mesh conveyor which retains the peat and forms it into a mat varying in thickness from one-half to one inch (1.2 to 2.5 cm). The water to be processed is pumped through a set of four feeder lines above the peat mat. After the first pass through the peat, the water is collected and pumped to another set of feeder lines for a second pass through the mat.

La tourbe est dirigée vers un transporteur à bande constitué d'une toile métallique qui retient la tourbe et en forme un tapis de 1/2 à 1 pouce d'épaisseur vers lequel l'eau à traiter est acheminée grâce à un groupe de quatre canalisations. Après un premier filtrage, l'eau est recueillie et soumise à un second filtrage, son retour au lit de tourbe étant assuré par l'intermédiaire d'un autre groupe de canalisations.

Dr. Bernard Coupal (right) and Dr. Jean-Marc Lalancette, the Sherbrooke University researchers who built the COUPLAN plant with the aid of a National Research Council of Canada grant.

Le Dr Bernard Coupal (à droite) et le Dr Jean-Marc Lalancette, de l'Université de Sherbrooke, qui ont mis au point le procédé COUPLAN avec l'aide d'une subvention du Conseil national de recherches du Canada.

the Clairol Company has carried out extensive comparisons of various techniques and finally selected the COUPLAN process for its plant in Knowlton, Quebec. The Aluminium Company of Canada Ltd. has sponsored a study to evaluate the process for used waters containing mercury. In the Atlantic region, Canadian Industries Limited (New Brunswick) and Canso Chemicals Limited (Nova Scotia) use peat to remove mercury contamination from their waste water.

What remains is to extend operating experience, evaluate the effectiveness of the process and perhaps enlarge its scope. For example, a study has shown that the addition of ammonia to the peat increases its absorption capacity since the ammonia complexes with metals. However, the peat must be washed following this operation as the ammonia adds a brown tint to the contaminated water. Moreover, this process becomes worthwhile only if large enough quantities of peat are to be used. At present, however, the project has reached the stage where the licensees can take over.

While it is necessary to consider the toxic nature of some of the metals extracted by the peat, the used peat can usually be safely employed as landfill; indeed, the Clairol Company has used the peat horticulturally with excellent results. There is no danger of the metals leaching out from the peat and contaminating ground waters. Also, the used peat may be burned without danger of atmospheric contamination, an important consideration in a society concerned with energy conservation.

The development of the COUPLAN process has immediate significance in that it provides a viable means of maintaining the integrity of the aquatic environment. Perhaps of equal significance is the fact that attention has been drawn to a plentiful Canadian natural resource of hitherto unsuspected value and unrealized potential. □

Diane Bisson

Lalancette se sont demandés si l'on ne pourrait pas exploiter ces qualités particulières. Ne serait-il pas possible, par exemple, de purifier les eaux résiduaires en les mettant en contact avec ce matériau naturel à la fois abondant et économique?

La tourbe résulte de la décomposition pendant plusieurs milliers d'années, en milieu humide et anaérobie, de substances organiques. Le Canada en recèle d'énormes quantités que l'on évalue à plus de 225 millions de tonnes (202.5 Mt) réparties sur 37 000 miles carrés (60 000 km²). Le prix de gros de cette ressources naturelle peu connue, représentant une étape intermédiaire dans le processus de carbonisation, n'est que de 2 cents la livre (4,5 cents le kilo).

Le procédé COUPLAN utilisé pour traiter les eaux résiduaires d'origine industrielle est le résultat des recherches entreprises en 1971 par l'Université de Sherbrooke avec l'aide d'une subvention du Conseil national de recherches du Canada. Dans l'installation pilote construite sur le terrain de l'université, l'alimentation du lit de tourbe en eau contaminée se fait par gravité. Le processus d'élimination des colorants et des métaux lourds comporte trois étapes. La première consiste à mouiller la tourbe en l'agitant vigoureusement avec de l'eau dans un réservoir cylindrique, ce qui requiert le concassage et le calibrage préalables de la tourbe. L'alimentation de l'installation devant se faire en continu, l'adjonction de tourbe à l'eau est contrôlée et, pour obtenir une meilleure homogénéité, on agite le mélange. Dès que le pourcentage des particules en suspension dans le réservoir a atteint de ½ à 1%, on amène la solution dans un réservoir secondaire où une agitation permanente entretient la suspension.

Grâce à une pompe submergée, le mélange est amené à un alimentateur de conception spéciale qui répand en continu les particules de tourbe sur le convoyeur. Ce convoyeur ou toile métallique retient la tourbe tout en laissant l'eau s'écouler et permet l'accumulation de la tourbe en une couche dont l'épaisseur, qui est fonction de la vitesse du transporteur et de la quantité de matériau contenu dans le mélange, varie de ½ à 1 pouce. Il est important de souligner que la tourbe ne subit aucune compression pendant la formation de la couche et que l'eau utilisée dans le processus est recueillie sous le transporteur et renvoyée dans le premier réservoir de mouillage. La couche est ensuite lavée à sa sortie de l'alimentateur avec de l'eau douce ou en utilisant de l'eau déjà traitée. Cette opération "assoit" la tourbe et réduit la quantité de matériau en suspension après traitement. Après lavage, la couche peut être immédiatement utilisée pour traiter des eaux résiduaires.

Il est parfois avantageux de traiter ces eaux résiduaires avec un réactif chimique qui permet une sédimentation plus rapide des solides et de réduire la quantité de tourbe nécessaire au processus. Après sédimentation, l'eau à traiter est amenée par pompage au-dessus de la couche de tourbe par un groupe de quatre canalisations d'où elle sort par des orifices qui ont été aménagés sur leur partie supérieure pour minimiser les perturbations subies par le tapis sous l'action de l'eau. Après un premier contact, l'eau est recueillie et envoyée dans un autre groupe de canalisations d'alimentation partant de l'autre extrémité du transporteur d'où elle est de nouveau dirigée sur le convoyeur pour un second contact. A cette étape du processus, les colorants et les métaux ont été éliminés. Un débit horaire optimal de 40 gallons (180 *l*) par pied carré (0.09 m²) de tourbe empêche l'accumulation d'eau en flaques qui ont tendance à perforer la couche de tourbe. La tourbe utilisée tombe sur un autre transporteur qui la déverse dans une cuvette de retenue.

Le procédé COUPLAN satisfait aux règlements antipollution les plus sévères d'un grand nombre d'organismes gouvernementaux bien connus et notamment de la "United States Environmental Protection Agency". Ces règlements spécifient notamment que la teneur en métaux des eaux résiduaires industrielles ne doit pas dépasser 30 parties par milliard de cyanure, 50 parties par milliard de chrome, 200 parties par milliard de cuivre et 500 parties par milliard d'argent et de zinc. Non seulement l'installation pilote de l'Université de Sherbrooke satisfait-elle à ces normes, mais elle les dépasse fréquemment. Dans le cas de la pollution par le cuivre, la teneur en cuivre d'un échantillon d'eau est passée de 600 parties par milliard avant traitement à 40 parties par milliard après traitement. Les normes sont également dépassées dans le cas du zinc et du nickel et d'excellents résultats ont été obtenus avec les colorants dont l'élimination atteint 99% dans certains cas.

La réduction de la demande biologique en oxygène (D.B.O.) est également importante. La D.B.O. est un indicateur général du degré de pollution des eaux résiduaires.

L'installation prototype de l'Université de Sherbrooke peut traiter quotidiennement 25 000 gallons impériaux (112 500 *l*) d'eaux résiduaires contaminées par divers polluants. Coûtant approximativement 100 000 dollars et constituée d'une unité modulaire à un seul étage, sa capacité peut être facilement augmentée et elle peut traiter différentes solutions sans réglage. D'une conception simple et solide, elle peut être exploitée par un personnel non spécialisé.

C'est la société CEVMI-CHIMIE, de Paris, qui détient la licence d'exploitation du procédé COUPLAN pour l'Europe occidentale, alors que la société Hussong-Walker-Davis la détient pour les États-Unis. D'autres licences seront bientôt accordées à des sociétés australiennes et japonaises. Au Canada, la Société Clairol, après étude du procédé COUPLAN et comparaison avec d'autres, a opté pour cette technique dans son usine de Knowlton, Québec. La compagnie Aluminium du Canada Ltée a commandité une étude pour évaluer le procédé pour la retenue du mercure. Canadian Industries Limited, au Nouveau-Brunswick, et Canso Chemicals Limited, en Nouvelle-Écosse, utilisent la tourbe pour éliminer le mercure de leurs eaux usées.

Il ne reste plus maintenant qu'à acquérir de l'expérience au stade de l'exploitation, évaluer l'efficacité du procédé et peut-être en développer les applications. Une étude a montré, par exemple, que l'adjonction d'ammoniaque à la tourbe augmente sa capacité d'absorption du fait que l'ammoniaque forme des complexes avec les métaux; il est toutefois nécessaire de laver la tourbe après l'opération car ce composé donne une teinte brune à l'eau contaminée et ce procédé additionnel n'est valable que pour de grandes quantités de tourbe. Il n'en demeure pas moins que le procédé COUPLAN lui-même est maintenant suffisamment développé pour que des licenciés puissent l'exploiter.

Bien qu'il soit nécessaire de tenir compte de la toxicité de certains métaux extraits par la tourbe, celle-ci peut, dans la plupart des cas, être réutilisée comme matériau de remblayage; par ailleurs, la société Clairol a utilisé cette tourbe usée avec succès en horticulture. Il n'existe aucun danger de contamination des eaux souterraines par les métaux provenant de la tourbe qui peut également être brûlée sans danger de pollution atmosphérique ce qui, pour un monde soucieux d'économiser l'énergie, constitue un avantage substantiel.

Le procédé COUPLAN revêt une importance immédiate en ce sens qu'il offre une méthode rentable permettant de préserver l'intégrité du milieu aquatique. Non moins important sans doute est le fait que l'on a attiré l'attention sur l'existence d'une ressource canadienne abondante dont on n'avait pas jusqu'alors soupçonné la richesse et le potentiel. □

Diane Bisson

Cover: A large block of raw optical glass. From this starting material, skilled optical technicians in the Division of Physics manufacture precision optical components, custom-designed for a variety of research applications. (Story page 4). Photograph by Bruce Kane, NRC. Below: Finished elements range in size from these small prisms and lenses to wind tunnel windows measuring five feet (1.5 m) in diameter by 10 inches (25.4 cm) thick. Photograph by Hans Blohm, Ottawa.

Notre couverture: C'est en partant d'une "roche" de verre brut comme celle-ci que les techniciens de l'optique de la Division de physique exécutent, à la demande, des composantes optiques de précision pour de nombreuses applications scientifiques (voir l'article page 5); photographie de Bruce Kane, CNRC. Ci-dessous: les éléments finis vont, en dimension, de ces petits prismes et de ces petites lentilles aux hublots de souffleries de cinq pieds de diamètre (1,5 m) et de dix pouces (25,4 cm) d'épaisseur. Photographie de Hans Blohm, d'Ottawa.